

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**Contributo para a gestão das lagoas do EVOA – Espaço de
Visitação e Observação de Aves e proposta de plano de
monitorização**

Juliana Fischer de Menezes

Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental

Relatório de Estágio orientado por:
José Pedro Granadeiro

Agradecimentos

Considero-me uma pessoa com sorte por estar rodeada de tantas pessoas incríveis que me motivam todos os dias e, por isso, gostaria de agradecer o vosso contributo que, de uma maneira ou de outra, tornaram este projeto possível.

Começar por agradecer ao Espaço de Visitação e Observação de Aves (EVOA) e à Companhia das Lezírias pela oportunidade de realizar o meu estágio no âmbito do mestrado de Ecologia e Gestão Ambiental nesta instituição, recebendo-me de braços abertos. Aprendi muito durante este ano neste espaço tão especial e espero continuar a aprender no futuro. Um agradecimento especial à minha orientadora dentro do EVOA, Sandra Paiva, que sempre se mostrou interessada no projeto e em ajudar no que fosse preciso, com ideias muito pertinentes para este estudo. À Andreia Silva, que em situações em que a Sandra não podia estar presente, foi sempre muito disponível e ajudou-me imenso na obtenção de diversos materiais, garantindo que conseguia aplicar as minhas ideias. A vida de escritório e escrita deste relatório tornaram-se mais fáceis com a vossa simpatia.

Ao meu orientador, professor José Pedro Granadeiro, que respondeu sempre aos meus e-mails com boa disposição e sugestões muito relevantes, sempre com uma palavra de força e motivação. Obrigada pela paciência, por toda a ajuda e tempo despendido comigo.

Um obrigada muito especial ao Gonçalo Catarino pelo apoio emocional incondicional que me proporciona todos os dias e por garantir que eu não desistia dos meus objetivos. Obrigada pela inspiração e segurança que me transmite e principalmente pela paciência naqueles dias exaustivos de escrita do relatório.

À pessoa que talvez mais me aturou durante este processo, a Luísa de Matos, a minha compincha durante todo o mestrado, mas também no EVOA. Obrigada pela paciência, boa disposição e pela companhia em diversos dias de amostragens (e pelas boleias no carro elétrico). Sem ti este trabalho não teria sido tão leve e divertido.

Um agradecimento especial também à Rita Ramos, pela disponibilidade em ajudar em tudo o que fosse preciso, principalmente pelo tempo despendido com a parte estatística.

Agradecer a minha família, pelo apoio e por acreditarem que eu era capaz, mesmo quando eu própria achava que não. Sempre fizeram de tudo para eu conseguir seguir os meus sonhos e hoje sou o que sou devido a esta família linda e unida.

Também à minha família emprestada, o EE, por todas as palavras de motivação nos momentos menos bons e pelos disparates que são tão característicos desta família, fazendo com que eu esquecesse os problemas e visse tudo de uma forma mais positiva. Estão comigo desde o início de tudo, e vão continuar.

Por fim, a todos os que de algum modo contribuíram para o meu percurso no mestrado e estágio. Durante estes dois anos, conheci muitas pessoas que me ajudaram a crescer como bióloga, mas também como pessoa, com muita troca de ideias, desesperos e risos pelo meio. A todos vocês, muito obrigada.

Resumo

As zonas húmidas são de elevada importância para muitas espécies da avifauna migradora e residente. Um tipo de zona húmida são os estuários, zonas de transição entre ambientes dulçaquícolas e marinhos. Deste modo, trata-se de um ambiente influenciado pelas marés. O estuário do Tejo é uma das zonas húmidas mais importantes de Portugal e da Europa para a avifauna, tanto pela sua extensão, conseguindo albergar grandes números de aves aquáticas, como pela sua localização estratégica na rota migratória do Atlântico-Este. Um dos grupos de aves mais frequentes e de maior abundância no estuário é o das limícolas. Contudo, quando a maré sobe, as zonas de alimentação para estas aves tornam-se inacessíveis. Assim, estas aves têm de procurar outros locais, sendo, então, essencial a existência de zonas próximas que se mantenham acima da linha de preia-mar.

Por esta razão, e pelo facto das zonas húmidas serem dos ecossistemas mais ameaçados globalmente devido à pressão humana, uma das medidas utilizadas atualmente é a criação de zonas húmidas artificiais. Zonas deste tipo mostram-se cada vez mais importantes para a avifauna aquática, constituindo habitats supratidais críticos, que são usados para descanso pelas aves que se alimentam nas zonas entre-marés. Alterações nestes locais poderão significar alterações na distribuição e abundância das aves, principalmente quando se trata de alterações das propriedades físico-químicas dos corpos de água, nomeadamente do pH, salinidade, oxigénio dissolvido, temperatura e altura da água.

O presente estudo procurou criar e implementar um plano de monitorização destes parâmetros que permita avaliar as interações entre os fatores abióticos acima mencionados e a diversidade e abundância de aves, nas lagoas do EVOA – Espaço de Visitação e Observação de Aves, localizado na Reserva Natural do Estuário do Tejo, contribuindo assim para uma gestão mais eficaz para a avifauna desta área. No âmbito desta proposta de plano de monitorização, foram selecionados 6 pontos de amostragens, 2 por lagoa, onde se efetuou a monitorização dos parâmetros, 2 vezes por semana, de final de dezembro de 2019 a março de 2020. Paralelamente, foram realizadas contagens das aves presentes nas lagoas.

Além disso, pretendeu-se avaliar a importância das lagoas do EVOA como zona de refúgio de maré para as aves do estuário, i.e., avaliar se existem diferenças significativas no número de indivíduos nas lagoas consoante a maré no estuário, através da comparação entre os dados de contagens de maré alta com os de maré baixa, obtidos entre 2013 e 2020.

Durante as contagens realizadas para este estudo, observou-se um total de 35 espécies de aves aquáticas nas lagoas do EVOA, sendo os grupos mais representados o das limícolas e dos anseriformes, com 14 e 11 espécies, respetivamente. As espécies mais abundantes neste local são a marrequinha-comum *Anas crecca*, a narceja-comum *Gallinago gallinago* e o milherango *Limosa Limosa*. As variáveis estudadas da qualidade da água não se mostraram relacionadas com a diversidade de espécies e número de indivíduos, algo expectável devido ao reduzido tempo de monitorização e reduzida oscilação nos valores obtidos. Ainda, foi possível verificar que o EVOA alberga um maior número de aves durante o período de maré alta no estuário do Tejo, relativamente ao período de maré baixa, confirmando a sua importância como refúgio da avifauna.

Estudos deste tipo são importantes para a gestão das zonas húmidas artificiais, pois permitem definir uma situação de referência e assim qualquer alteração ao longo dos anos poderá ser detetada. Algumas dessas alterações poderão significar alteração da biodiversidade local, sendo essencial continuar com o trabalho de monitorização da qualidade da água das lagoas, estendendo-a a outras componentes do sistema (para além das aves). Para tal, o presente estudo propõe um plano de monitorização, para a componente água, comunidade de invertebrados e avifauna aquática.

Palavras-chave: zonas húmidas, refúgio de maré, avifauna aquática, fatores abióticos, qualidade da água

Abstract

Wetlands are considered high importance ecosystems for several species of migratory and resident waterbirds. One type of wetland are the estuaries, where exists a connection between freshwater habitats and the marine environment. Thus, it is an environment influenced by the tides. The Tagus estuary it is one of the most important wetlands of Portugal and Europe for waterbirds, both by its extension, housing large numbers of birds, and by its strategic location in the East Atlantic Flyway. One of the most frequent and abundant groups of birds in this estuary is the waders. However, when the tide rises the feeding grounds become inaccessible. Therefore, these birds need alternative sites where they can continue to feed.

For this reason, and because wetlands are one of the most threatening ecosystems today due to human pressure, one measure frequently used is the creation of artificial wetlands. These wetlands are increasingly important areas for aquatic avifauna, representing critical supratidal resting habitats for birds that feed in the intertidal zones. Changes in these ecosystems might mean changes in the distribution and abundance of birds, especially when it comes to the physical-chemical parameters of the waterbodies, such as pH, salinity, dissolved oxygen, temperature and water depth.

The present study sought to create and implement a monitoring plan that allows assessing the interactions between the mentioned abiotic factors and the diversity and abundance of waterbirds, in the EVOA's lagoons, in the Natural Reserve of Tagus Estuary, thus contributing to a more effective management for birdlife in this area. It was selected 6 sampling points, 2 for each lagoon, where the monitoring of these parameters took place, twice a week, from December 2019 to March 2020. Also, bird counts were made.

In addition, it was intended to assess the importance of EVOA's lagoons as tidal refuges for birds, i.e., assess whether there are differences between the high tide numbers of individuals and the low tide ones, by comparing the data of high tide counts with those of low tide, from 2013 to 2020.

During the bird counts performed for this study, it was observed 35 species of waterbirds in the lagoons, with the most represented groups being waders and anatids, with 14 and 11 species, respectively. The most abundant species were the common teal *Anas crecca*, the common snipe *Gallinago gallinago* and the black-tailed godwit *Limosa limosa*. The water quality parameters were not relevant for the species diversity and number of individuals, as expected due to the reduced monitoring time. Also, was possible to verify that EVOA hosts a greater number of birds during the high tide period in Tagus estuary, confirming its importance as a refuge site for waterbirds.

Studies of this type are important for the management of artificial wetlands, as any significant change in the water bodies over the years could mean changes in biodiversity and it is crucial to continue this monitoring to see how the EVOA's lagoons are evolving. For this, the present study proposes a monitoring plan for the water, invertebrate community, and aquatic avifauna components.

Keywords: wetlands, tidal refuge, waterbirds, abiotic factors, water quality

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract	iv
Lista de figuras	vi
Lista de tabelas	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas	ix
1. Introdução.....	1
2. Métodos	10
2.1. Área de estudo – Lagoas do EVOA	10
2.2. Dados de refúgio de maré.....	11
2.3. Criação e implementação do plano de monitorização para a água e aplicação da metodologia desenvolvida pelo EVOA para a avifauna aquática;	11
2.4. Interação entre os parâmetros físico-químicos da água e a abundância e diversidade de avifauna	12
3. Resultados	13
3.1. Refúgio de maré	13
3.2. Avifauna aquática.....	15
3.3. Parâmetros físico-químicos da água.....	28
3.4. Relação entre os parâmetros físico-químicos e a avifauna.....	31
3.5. Proposta de planos de monitorização	32
3.5.1. Plano de Monitorização para a componente de avifauna aquática do EVOA	32
3.5.2. Plano de Monitorização para a componente de água das lagoas do EVOA	35
3.5.3. Plano de Monitorização para a componente invertebrados das lagoas do EVOA	37
4. Discussão.....	39
5. Conclusão	42
6. Atividades desenvolvidas	43
7. Referências	44
8. Anexos.....	48

Lista de figuras

Figura 1.1 – Limites da Reserva Natural do Tejo a (sombreado).....	2
Figura 1.2 – Classificação das três principais zonas do estuário do Tejo, a zona subtidal, intertidal e supratidal.....	3
Figura 1.3 – Mapa do EVOA (Espaço de Visitação e Observação de Aves).....	8
Figura 1.4 – Principais missões do EVOA – Espaço de Visitação e Observação de Aves.....	9
Figura 2.1 – Localização dos pontos de amostragem para a monitorização da qualidade de água das três lagoas do EVOA.....	11
Figura 3.1 – Comparação das contagens de limícolas nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.....	13
Figura 3.2 – Comparação das contagens de anseriformes nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.....	13
Figura 3.3 – Comparação das contagens de ardeídeos nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.....	14
Figura 3.4 – Comparação das contagens de ralídeos nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.....	14
Figura 3.5 – Comparação das contagens de tresquiornítídeos nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.....	14
Figura 3.6 – Representação das médias mensais de limícolas nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.....	16
Figura 3.7 – Representação das médias mensais, de limícolas, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).....	16
Figura 3.8 – Representação das médias mensais das duas espécies de limícolas mais abundantes nas lagoas do EVOA, entre janeiro e março a narceja-comum e o milherango, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.....	17
Figura 3.9 – Representação das médias mensais de anseriformes nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.....	18
Figura 3.10 – Representação das médias mensais, de anseriformes, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens.....	18
Figura 3.11 – Representação das médias mensais da espécie de anatídeo mais abundante nas lagoas do EVOA, entre janeiro e março, a marrequinha-comum, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.....	19

Figura 3.12 – Representação das médias mensais de ardeídeos nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.....	20
Figura 3.13 – Representação das médias mensais, de ardeídeos, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio),	20
Figura 3.14 – Representação das médias mensais de ralídeos nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.....	21
Figura 3.15 – Representação das médias mensais, de ralídeos, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).....	21
Figura 3.16 – Representação das médias mensais de tresquiornitídeos nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.....	22
Figura 3.17 – Representação das médias mensais, de tresquiornitídeos, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).....	22
Figura 3.18 – Grupos de aves representados na Lagoa Principal do EVOA, representados por (média±desvio), com n=15.....	23
Figura 3.19 – Totais de indivíduos ao longo das amostragens (n=15), de final de dezembro de 2019 a março de 2020, na Lagoa Principal. As espécies encontram-se organizadas por grupos de aves (anseriformes, ralídeos, ardeídeos, tresquiornitídeos e limícolas).....	23
Figura 3.20 – Número de vezes que uma dada espécie foi observada na Lagoa Principal (n=15).....	24
Figura 3.21 – Grupos de aves representados na Lagoa Principal do EVOA, representados por (média±desvio), com n=15.....	24
Figura 3.22 – Totais de indivíduos contados ao longo das amostragens (n=15), de final de dezembro de 2019 a março de 2020, na Lagoa Rasa. As espécies encontram-se organizadas por grupos de aves (anseriformes, ralídeos, ardeídeos, tresquiornitídeos e limícolas).....	25
Figura 3.23 – Número de vezes que uma dada espécie foi observada na Lagoa Rasa (n=15).....	25
Figura 3.24 – Grupos de aves representados na Lagoa Grande do EVOA, com respetivo número de indivíduos de cada grupo, representados por (média±desvio), com n=15	26
Figura 3.25 – Totais de indivíduos contados ao longo das amostragens (n=15), de final de dezembro de 2019 a março de 2020, na Lagoa Grande. As espécies encontram-se organizadas por grupos de aves (anseriformes, ralídeos, ardeídeos e limícolas).....	26
Figura 3.26 – Número de vezes que uma dada espécie foi observada, na Lagoa Grande (n=15).....	27
Figura 3.27 – Valores registados da altura da água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.....	28
Figura 3.28 – Valores registados da temperatura da água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.....	29
Figura 3.29 – Valores registados do pH da água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.....	29
Figura 3.30– Valores registados do oxigénio dissolvido na água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.....	30
Figura 3.31 – Valores registados da salinidade da água, desde o final dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.....	30
Figura 3.32 – Localização dos pontos de amostragem da avifauna aquática, nomeadamente os três observatórios no lado poente das três lagoas, Principal, Rasa e Grande.....	32

Figura 3.33 – Exemplo da divisão das diferentes zonas das contagens nas lagoas. 0 – zona terrestre; 1 – zona de lama com lâmina de água; 2 – zona aquática de maior profundidade.....	33
Figura 3.34 – Localização da zona de controle (a preto) para a monitorização de aves aquáticas do estuário do Tejo.....	33
Figura 3.35 – Exemplo de folha de registos para as contagens de aves.....	34
Figura 3.36 – Localização dos pontos de amostragem da componente água, nomeadamente dois pontos por cada lagoa do EVOA, num total de 6 pontos.....	35
Figura 3.37 – Exemplo de folha de registos para a componente água.....	36
Figura 3.38 – Localização dos pontos de amostragem da componente invertebrados, nomeadamente dois pontos por cada lagoa do EVOA, num total de 6 pontos.....	37

Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Valores médios e desvio padrão de indivíduos de cada um dos grupos de aves, tanto para a maré baixa como para a maré alta.....	13
Tabela 3.2 – Lista das espécies observadas nas lagoas do EVOA, organizadas por famílias.....	15

Lista de Abreviaturas e Siglas

DO	Oxigénio dissolvido
EVOA	Espaço de Visitação e Observação de Aves
IBA	Important Bird Area
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
RNET	Reserva Natural do Estuário do Tejo
ZPE	Zona de Proteção Especial

1. Introdução

As zonas húmidas encontram-se entre os ecossistemas com maiores produtividades do mundo, que sustentam comunidades complexas. Pela abundância de água e elevada quantidade de nutrientes, são habitats que apresentam geralmente um alto nível de biodiversidade, e por exemplo desempenham um papel fundamental enquanto zonas de alimentação, refúgio e reprodução para diversas espécies de aves, funcionando ainda como maternidade para muitas espécies de peixes, moluscos e crustáceos (Ramsar Convention Secretariat, 2016), muitas delas com interesse comercial.

Os serviços de ecossistemas associados às zonas húmidas (McInnes, 2013; Mitsch & Gossilink, 2000), apresentam um valor estimado de 4.9 triliões de dólares por ano, mundialmente (Ramsar Convention Secretariat, 2016). Entre os serviços de provisionamento prestados por estes ecossistemas está a disponibilidade de recursos alimentares e hídricos (água para consumo, indústria e agricultura) e outros como a madeira (Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005). Alguns exemplos de serviços de regulação são a redução de risco de cheias e efeitos das tempestades, assim como proteção costeira, controlo da poluição (depuração da água e descontaminação desta por metais pesados, por parte do sistema radicular das plantas) e regulação climática (mitigação das alterações climáticas com a fixação de dióxido de carbono). As zonas húmidas também prestam serviços de suporte como é o caso de formação de solo e acumulação de matéria orgânica, constituindo reservatórios de biodiversidade. Finalmente, as zonas húmidas oferecem serviços culturais, incluindo os de carácter espiritual (inspiração e cultura pessoal), científico (investigação) e educacional (por exemplo, atividades de educação ambiental e ecoturismo) (McInnes, 2013; Mitsch & Gossilink, 2000; TEEB Foundations, 2010).

Pela sua importância, uma parte considerável das zonas húmidas mundiais está classificada pela Convenção sobre Zonas Húmidas de Importância Internacional, também conhecida por Convenção de Ramsar, que fornece um quadro para a conservação destas zonas com importância internacional para a biodiversidade, principalmente para as aves aquáticas. De acordo com esta convenção, existe uma grande diversidade de tipologias de zonas húmidas, nomeadamente “zonas de pântano, charco, turfeira ou água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo águas marinhas cuja profundidade na maré baixa não exceda os seis metros. Podem incluir zonas ribeirinhas ou costeiras a elas adjacentes, assim como ilhéus ou massas de água marinha com uma profundidade superior a seis metros em maré baixa, integradas dentro dos limites da zona húmida”(Ramsar Convention Secretariat, 2016).

Em Portugal, estão atualmente listadas 31 Zonas Húmidas de Importância Internacional, tendo o Estuário do Tejo e a Ria Formosa sido as primeiras zonas húmidas a ser declaradas por Portugal, em 1981 (Ramsar Convention Secretariat, 2016).

Um estuário define-se como uma zona húmida de transição, onde existe mistura e interligação de contribuições de águas doce, vinda dos rios, com águas salgada, com origem no oceano. Esta é uma área que se encontra sob o efeito das marés, que no caso das latitudes temperadas e subtropicais tem um regime semidiurno, i.e., duas marés por dia. Assim, estas zonas estão sujeitas a uma dinâmica regular de entrada e saída de água devido às marés, havendo uma variação periódica muito acentuadas de condições abióticas, em particular nas zonas entremarés (Ramsar Convention Secretariat, 2016).

Devido às condições de baixo hidrodinamismo em determinadas zonas do estuário e a presença de cloreto de sódio na água, ocorre a deposição de sedimentos finos e consequente formação de bancos arenosos e de sedimentos finos (ICNF, 2008a). Com a estabilização do substrato, ocorre a presença de comunidades vegetais halófitas ou sub-halófitas pioneiras que apresentam um papel crucial na retenção

de partículas em suspensão, permitindo a sucessão das espécies de sapal. Espécies dos géneros *Spartina*, *Sarcocornia*, *Atriplex*, *Halimione* e *Aster*, são características destas zonas e apresentam adaptações a situações de stress salino, como a presença de glândulas excretoras de sal, localizadas na superfície das folhas, a dimensão reduzida das folhas e a parte aérea da planta mais articulada e succulenta (Dias & Marques, 1999). Esta vegetação é de extrema importância em zonas estuarinas, visto a produção primária e os processos de decomposição serem fatores cruciais para o sequestro e armazenamento de poluentes, como metais pesados e para a reciclagem dos nutrientes. Além disso, os sapais desempenham funções como a fixação das margens, evitando o avanço do mar e a erosão costeira, e apresentam um suporte para teias alimentares complexas (Neto *et al.*, 2020).

O estuário do Tejo é uma das zonas húmidas mais importantes da Europa, tanto pela sua extensão como pela sua biodiversidade (Alves *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2003). Este estuário, localizado no extremo ocidental do continente europeu, apresenta uma área total de 325 km². Parte dessa área possui estatuto de Reserva Natural (Decreto-Lei n.º 565/76 de 19 de Julho Da Presidência Do Conselho de Ministros, 1976), que abrange maioritariamente zonas agrícolas, mas contendo também zonas intertidais e sapais. Posteriormente ampliou-se a área com estatuto de conservação, com a criação de uma Zona de Proteção Especial (ZPE) (Decreto-Lei n.º 280/94 Do Ministério Do Ambiente e Recursos Naturais, 1994), decorrente do cumprimento da Diretiva das Aves (Figura 1.1). Nesta região foi também definida uma *Important Bird Area* (IBA), utilizando critérios definidos pela Organização Não-Governamental BirdLife International, de acordo com o número e estatuto de ameaça das aves presentes, tanto a nível europeu como a nível global (Costa *et al.*, 2003).

O estuário do Tejo apresenta diversos biótopos: uma zona subtidal permanentemente alagada e que abrange uma parte importante da área estuarina, constituindo habitat para espécies marinhas; uma zona intertidal, i.e., zona entremarés, constituída por uma vasta extensão de bancos de vasa, sapais, areias, areias vasosas e bancos de casca de ostra; e uma zona supratidal, acima da zona sob efeito das marés (Figura 1.2) (Dias & Marques, 1999).



Figura 1.1 – Limites da Reserva Natural do Estuário do Tejo (RNET) a sombreado. Fonte: Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), 2020 <http://www2.icnf.pt/portal/turnatur/visit-ap/rn/met/inf-ger>

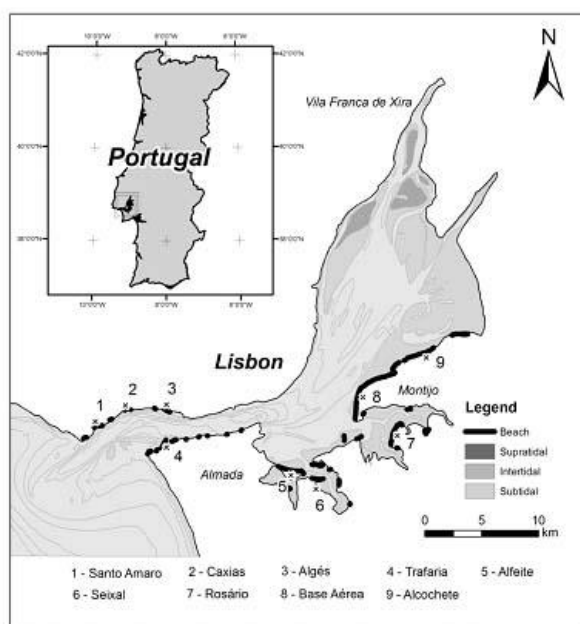


Figura 1.2 – Classificação das três principais zonas do estuário do Tejo, a zona subtidal, intertidal e supratidal. Fonte: Lx_risk, 2020 http://lxrisk.cm-lisboa.pt/eventos_holocenicos.html

No estuário, nas zonas intertidais, a disponibilidade alimentar para a fauna é grande. As comunidades de macroinvertebrados bentónicos que se encontram nos sedimentos expostos pela maré-baixa, são a base para uma cadeia alimentar variada no estuário. Estas comunidades são dominadas por poliquetas (como por exemplo *Hediste diversicolor*), bivalves (e.g. *Scrobicularia plana*), gastrópodes (e.g. *Peringea ulvae*), isópodes (*Cyathura carinata*) e camarões *Crangon crangon*, que servem de presa a diversas espécies com especificações alimentares diferentes (Van de Kam *et al.*, 2004).

A avifauna aquática inclui diversas espécies de aves que, de certa forma, dependem das zonas húmidas, como os estuários, para diferentes atividades do seu ciclo de vida, como a nidificação e muda das penas, mas também para atividades diárias como a procura de alimento (Rajpar & Zakaria, 2011). O estuário do Tejo alberga cerca de 100 000 aves aquáticas de várias espécies, sendo fundamental para a invernada de anseriformes, limícolas e flamingos (Costa *et al.*, 2003).

O grupo das aves limícolas inclui muitas espécies pertencentes à ordem Charadriiformes, que é caracterizada por incluir espécies migradoras de longas distâncias. No decurso das suas migrações entre as zonas de nidificação, em latitudes elevadas, e as zonas de invernada (que se estendem desde as zonas temperadas até às tropicais) as aves utilizam uma rede de zonas húmidas como locais de paragem e descanso, também designadas por *stop-overs*, fundamentais para a reacumulação de reservas entre os troços da sua migração (Delany *et al.*, 2009). Estas aves são predadores de invertebrados, localizando-os através de pistas visuais ou pelo tato, detetando-os com a inserção do seu bico no sedimento. O bico das aves limícolas apresenta uma forma e dimensão bastante variável, consoante a espécie e a sua dieta, o que ajuda na redução de competição interespecífica (Norazlimi & Ramli, 2015). Outra característica destas aves é a presença de dedos longos e uma membrana interdigital vestigial, a fim de aumentar a área em contacto com sedimento e facilitar a sua locomoção. Por dependerem da exposição das vasas, as limícolas têm de se movimentar consoante as marés (Dias *et al.*, 2006).

No estuário do Tejo, ocorrem regularmente 30 espécies de limícolas, tendo sido considerado um “sítio-chave” para algumas destas espécies (Alves *et al.*, 2009). De acordo com os critérios das IBAs, este

local suporta “regularmente mais do que 1% de uma população biogeográfica de uma espécie de ave aquática”, nomeadamente, para o alfaiate *Recurvisora avosetta*, a perdiz-do-mar *Glareola pratincola*, a tarambola-cinzenta *Pluvialis squatarola*, o milherango *Limosa limosa*, o pilrito-de-peito-preto *Calidris alpina* e para o borrelho-de-coleira-interrompida *Charadrius alexandrinus* (Costa *et al.*, 2003). Este fenómeno é explicado pela sua posição na rota Migratória do Atlântico-Este, que favorece o aparecimento de grandes números de invernantes e migradoras de passagem (Catre *et al.*, 2011).

Outro grupo invernante abundante no estuário é o dos Anseriformes, que incluem os patos e gansos, e que incluem maioritariamente espécies invernantes, embora também algumas residentes, como o pato-real *Anas platyrhynchos*. Estas aves aquáticas possuem patas fortes com membranas interdigitais para a natação. Os seus bicos permitem filtrar plâncton, embora a sua alimentação seja essencialmente herbívora, podendo até envolver a captura de peixe, como no caso dos mergansos. Nos anseriformes existe um claro dimorfismo sexual na plumagem, sendo os machos caracterizados por apresentarem padrões coloridos (Holmberg *et al.*, 1989) e as fêmeas caracterizadas com tons acastanhados mais discretos para camuflagem, sendo que os machos em altura de eclipse também possuem esta plumagem mais discreta (Hawkins, 2011).

No estuário do Tejo, ocorrem regularmente cerca de 13 espécies de anseriformes, sendo esta zona húmida especialmente importante para a marrequinha *Anas crecca* e para o ganso-bravo *Anser anser* por suportar 1% da estimativa populacional biogeográfica destas espécies (Costa *et al.*, 2003).

Outro grupo frequente no estuário é o dos ardeídeos, que inclui diversas espécies de garças. Possuem um pescoço longo e um bico comprido levemente serrado, sendo essas adaptações para a captura de presas em movimento, como peixes e anfíbios. De facto, no Estuário do Tejo ocorrem regularmente 8 espécies de ardeídeos, destacando a presença regular da garça-vermelha *Ardea purpurea*, uma espécie estival que de acordo com o Livro Vermelho de Vertebrados de Portugal apresenta um estatuto de conservação “Em perigo” (Cabral *et al.*, 2005). Uma das áreas nacionais mais importantes para a nidificação desta espécie é precisamente este estuário, com 294-299 casais contabilizados em 1999, representando mais de 50% do efetivo reprodutor nacional (Marques & Ramos, 2006). Contudo, a população rapidamente sofreu um declínio para 52 a 59 casais registados em 2001 (ICNF, 2006).

Por fim é frequente a presença de íbis-preto *Plegadis falcinellus* e colhereiros *Platalea leucorodia*, aves invernantes comuns da família dos tresquiornítídeos. São espécies gregárias que nidificam em coloniais, normalmente também associadas a ardeídeos. Os ninhos são construídos em árvores (normalmente salgueiros), perto de água. O íbis-preto poderá ser nidificante ocasional, sendo que em 2005 confirmou-se, pela primeira vez, a nidificação desta espécie em Portugal, com a presença de 8 possíveis casais, 2 deles na zona do Tejo. Contudo, em 2006 tal não se verificou. É uma espécie de presença regular nos arrozais do estuário do Tejo, com 400 indivíduos contabilizados nos arrozais da Giganta (situados cerca de 4 km a sudoeste do Porto Alto) em agosto de 2007. Já em 2010, contabilizaram-se mais de 3500 íbis divididos pelos estuários do Tejo e do Sado. É uma espécie que pode ser observada durante todo o ano, porém verifica-se um aumento de indivíduos em setembro devido à chegada de indivíduos invernantes (Catre *et al.*, 2010). Alimentam-se de insetos aquáticos e crustáceos. Também o colhereiro apresenta uma nidificação pouco comum em Portugal, apresentando, em 1996, 43 casais e apenas um desses na zona do Tejo. Porém, o estuário do Tejo representa uma importante área de invernada e de passagem migratória para esta espécie, com uma presença de ca. de 1000 indivíduos, em média, entre 2005 e 2007 (Catre *et al.*, 2010). A sua alimentação consiste essencialmente por insetos, peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios, répteis e ainda matéria vegetal.

As zonas húmidas são um dos ecossistemas mais ameaçados globalmente pois encontram-se sob uma elevada pressão humana. Entre estas pressões incluem-se nomeadamente atividades económicas desenvolvidas nestes locais ou nas suas imediações, como é o caso de atividades portuárias, de navegação, agricultura e aquacultura, que acabam por contribuir para a poluição local (Nakamura *et al.*, 2006; Turner *et al.*, 2000). Estima-se que cerca de 50% das zonas húmidas da Europa já se encontram degradadas devido à ação humana (Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005; Rendón *et al.*, 2008). Deste modo, é essencial assegurar uma gestão sustentável destas zonas, compatível com o desenvolvimento socioeconómico (Nakamura *et al.*, 2006).

Uma das medidas que têm crescido mundialmente para mitigar a perda e degradação deste tipo de ecossistemas, é a criação de zonas húmidas artificiais (Mitsch *et al.*, 1998; Sebastián-González *et al.*, 2010; Sebastián-González & Green, 2014). Estas zonas mostram-se cada vez mais importantes para a avifauna aquática, sendo habitats artificiais alternativos ou complementares para a sua invernada e nidificação (McKinstry & Anderson, 2002). Naturalmente, a diversidade e densidade de espécies e indivíduos que poderá ocupar estas zonas irá variar consoante as características físicas do local criado, nomeadamente a sua dimensão, heterogeneidade de habitats, distância a fontes de perturbação, ou a habitats naturais, profundidade da água, etc. (Paracuellos & Tellería, 2004; Sebastián-González & Green, 2014), mas também consoante as características químicas, como o pH, oxigénio dissolvido, salinidade e temperatura da água (Burkert *et al.*, 2005; Patra *et al.*, 2010). Após a sua construção, é fundamental uma monitorização constante para acompanhar a evolução das populações e para se otimizarem as condições para algumas espécies-alvo (Sebastián-González & Green, 2014).

Determinadas alterações nos corpos de água das zonas húmidas artificiais, poderão ter como consequência modificações nas comunidades deste ecossistema e nas relações ecológicas, que poderão acarretar perda de biodiversidade, assim como redução de densidades e alterações de padrões de distribuição (Thapa & Saund, 2013). Assim, é possível que certas alterações drásticas dos parâmetros físico-químicos da água influenciem os organismos mais sensíveis, reduzindo a complexidade das redes tróficas e alterando os níveis de produção primária e secundária (Wrona *et al.*, 2006).

A temperatura da água é um fator crucial para o desenvolvimento e crescimento de diversos organismos aquáticos, afetando os seus processos fisiológicos (Manral & Khudsar, 2013; Patra *et al.*, 2010) e interações tróficas. Alterações repentinas de temperatura poderão tornar os corpos de água impróprios para certos organismos aquáticos mais sensíveis, como é o caso dos peixes e invertebrados, e também contribuir para a ocorrência de *blooms* de algas. Por exemplo, Li (2012) prevê um declínio na comunidade de macroinvertebrados, no sistema Xiangxi River, China, com a progressão do atual cenário de alterações climáticas e consequente aumento das temperaturas da água no inverno.

Relativamente ao pH, a comunidade de macroinvertebrados aquáticos apresenta uma certa tolerância à acidez da água. Tal não ocorre com outros grupos faunísticos, como por exemplo, com a ictiofauna que se mostra mais sensível a tais condições (DesGranges & Darveau, 1985). Contudo, um pH muito baixo (<4,5) poderá ter o efeito contrário na comunidade de invertebrados, perdendo-se gradualmente a riqueza de espécies. Consequentemente, diversidade da avifauna aquática poderá diminuir (Nagarajan & Thiyagesan, 1996). Deste modo, sabe-se que níveis extremos de pH também poderão ser condicionantes da vida aquáticas, por também estarem associados ao aumento de toxicidade de certas substâncias (pH muito alcalino) e por conferirem uma maior mobilidade aos metais pesados presentes nos sedimentos (pH muito ácido) (Younos, 2007).

O oxigénio dissolvido (DO) poderá influenciar o tipo de organismos presentes nos corpos de água, assim como a sua abundância (Thapa & Saund, 2013). É fundamental para o desenvolvimento de bactérias

aeróbias, que decompõem a matéria orgânica presente, evitando o seu acúmulo. Em contraste, corpos de água com baixos teores de oxigénio poderão promover o desenvolvimento de bactérias anaeróbias, como o *Clostridium botulinum*, responsável por surtos de botulismo em aves aquáticas que causam a sua morte (Spautz *et al.*, 2006). Este bacilo anaeróbio obrigatório prolifera em materiais em decomposição, através de esporos, que poderão persistir nos sedimentos por vários anos, libertando neurotoxinas com a sua germinação. Outros fatores como o pH, redução da turbidez, aumento da temperatura e salinidade baixa assim como acúmulo de cadáveres também contribuem para o risco de botulismo em zonas húmidas (Anza *et al.*, 2014).

A salinidade poderá influenciar a distribuição e abundância de invertebrados (Brand *et al.*, 2014; Ens *et al.*, 2005; Thapa & Saund, 2013). Algumas espécies, nomeadamente da família Chironomidae (ordem Diptera) e da ordem Amphipoda (subfilo Crustacea) (Brand *et al.*, 2014), assim como o filo *Rotifera* (Thapa & Saund, 2013) diminuem a sua abundância em áreas de salinidade mais elevada. Em contrapartida, o crustáceo *Artemia salina*, principal fonte de alimento do flamingo-rosa *Phoenicopterus roseus* trata-se de um microrganismo halófilo capaz de tolerar salinidades de 3 a 300 ppt (Alal *et al.*, 2014). Paralelamente, a salinidade também é uma das principais condicionantes da composição das comunidades de macrófitas (Grillas, 1990; Holm & Clausen, 2006), que servem como refúgio e alimentação para anseriformes e ralídeos, como é o caso do junco, da tabua e do caniço.

Por fim, a profundidade da água poderá também condicionar a vida nas zonas húmidas (Isola *et al.*, 2000). Para a avifauna aquática, os locais onde se alimentam, varia dependendo das suas características morfológicas e da sua dieta. No caso das limícolas, os seus locais de alimentação encontram-se relacionados com o comprimento do cúlmen e dos tarsos (Baker, 1979). Zonas nuas de vegetação e com um nível de água mais baixo poderá ser vantajoso para estas, que conseguem procurar mais facilmente os invertebrados na lama (Bolduc & Afton, 2004), porém poderá ter o efeito contrário nos anseriformes, que preferem zonas amplas de natação com uma maior profundidade de água. Por outro lado, a vegetação poderá secar em casos de períodos de seca prolongados (e.g. caniçais), causando uma redução de zonas de refúgio e descanso para algumas espécies de anatídeos e garças (Causarano & Battisti, 2009; Rajpar & Zakaria, 2011), mas também reduzindo a acessibilidade aos invertebrados por parte das limícolas, visto o solo tornar-se mais firme e, conseqüentemente, mais difícil de ser penetrado, tornando as suas presas indisponíveis (Weber & Haig, 1996). Assim, uma gestão adaptativa da altura da água nas zonas húmidas poderá ser realizada de acordo com a ecologia das espécies-alvo (Brand *et al.*, 2014). Estudos realizados indicaram que para corvos-marinhos, mergulhões e patos mergulhadores, a profundidade ideal seria superior a 25 cm, enquanto para os patos de superfície já seria de 5 a 25 cm. As garças estariam associadas a alturas inferiores a 15 cm e a maioria das limícolas inferior a 10 cm, sendo que as de menores dimensões (*Calidris sp.*) até 5 cm (Schaffer-Smith *et al.*, 2018).

Portanto, torna-se essencial estudar como é que estes parâmetros físico-químicos dos corpos de água se encontram relacionados com as comunidades biológicas e como é que estas evoluem de acordo com as alterações do meio aquático.

Considerando a importância das zonas húmidas artificiais para a conservação da avifauna, o presente estudo pretende contribuir para uma gestão mais adequada das lagoas do EVOA.

O EVOA – Espaço de Visitação e Observação de Aves, é uma zona húmida artificial localizada numa zona de proteção parcial da Reserva Natural do Estuário do Tejo (RNET), mais precisamente na Ponta de Erva, Lezíria Sul de Vila Franca de Xira (Figura 1.3). Este espaço, pensado em 2000 e inaugurado em 2012, pretende salvaguardar espécies de aves aquáticas, proporcionando local de refúgio de maré, i.e., um espaço do estuário no qual as aves se podem alimentar e refugiar durante os períodos de maré

alta. Além disso, o local pretende proporcionar condições de nidificação para algumas espécies, que globalmente são escassos no estuário.

A zona escolhida localiza-se na foz do Sorraia, ocupando uma área de 70 ha. A sua gestão é assegurada pela Companhia das Lezírias, proprietária dos terrenos e com o patrocinador fundador a Brisa – Autoestradas de Portugal, S.A., que apoiou financeiramente a Companhia das Lezírias na execução do projeto. Outras parcerias foram estabelecidas com a Câmara Municipal de Vila Franca de Xira, com o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, a Liga para a Proteção da Natureza, a Aquaves e a Associação de Beneficiários da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira.

Neste espaço, foram criadas três lagoas com características distintas, de modo a albergar o maior número possível de espécies e assegurar as suas diferentes necessidades em todas as épocas do ano. Estas lagoas possuem um sistema de comportas alimentado por energia solar e de controlo automático, permitindo a gestão dos níveis da água. Existem ainda duas comportas de saída, com abertura manual, destinadas a situações de emergência, na Lagoa Principal e Lagoa Grande. A água, vinda da principal vala do sistema de drenagem e irrigação da Lezíria Sul (Vala Mar de Cães), entra na primeira lagoa, a Lagoa Principal, passando, posteriormente, para as outras duas, a Lagoa Rasa e a Lagoa Grande. Contudo, esta última lagoa também poderá receber água diretamente da vala. Assim, a salinidade das lagoas encontra-se dependente da origem da água (precipitação ou vala de mar de cães) e da intrusão salina, associada à proximidade existente ao estuário. A saída da água para o sistema de drenagem das lagoas, e posteriormente para o estuário, pode ser realizada em qualquer uma delas através de comportas específicas.

As lagoas do EVOA e a lezírias circundantes, todos os anos, acolhem diversas espécies de aves com importância tanto regional como nacional. Na primavera, diversas espécies procuram no EVOA locais para nidificar, como por exemplo a perdiz-do-mar *Glareola pratincola* e o pernilongo *Himantopus himantopus*, que estabelecem colónias em áreas com pouca vegetação, como as ilhas da Lagoa Principal, construindo os seus ninhos no solo (EVOA, 2018). Uma presença estival frequente é a garça-vermelha *Ardea purpurea*, uma ave com estatuto de conservação nacional “Em Perigo” (Cabral *et al.*, 2005). Já no verão, encontram-se diversas espécies em migração para África, fazendo paragens temporárias nos caniçais do EVOA. Durante o inverno, a presença mais evidente é a dos anseriformes e limícolas invernantes. A Lagoa Grande alberga milhares de marrequinhas *Anas crecca* e outras espécies, em menor número, como o pato-de-bico-vermelho *Netta rufina*, apresentando esta última um estatuto de conservação nacional “Quase ameaçado” (Cabral *et al.*, 2005). Em relação às limícolas, diversas espécies invernam nesta região, como é o caso dos milherangos *Limosa limosa* e das tarambolas-cinzentas *Pluvialis squatarola*, facilmente observadas pois concentram-se em grandes números nas lagoas (EVOA, 2018).



Figura 1.3 – Mapa do EVOA (Espaço de Visitação e Observação de Aves). O EVOA é constituído por três lagoas artificiais, Lagoa Principal, Rasa e Grande, que são alimentadas com a água proveniente da Vala Mar de Cães, através de um sistema de comportas. Esta água entra pela Lagoa Principal, passando posteriormente para as outras duas, saindo para a vala e posteriormente para o estuário, por qualquer uma das três lagoas. Fonte: Site EVOA, 2020.

Uma das principais missões do EVOA é a educação ambiental (Figura 1.4). Através de visitas guiadas, tanto para o público-geral como para escolas e universidades, este espaço tenta despertar o interesse pela natureza, ajudando no desenvolvimento de cidadãos mais conscientes e participativos na preservação do ambiente. O primeiro contacto é realizado no Centro de Interpretação com uma exposição permanente concebida de modo a ser uma viagem pela história e cultura da região, assim como pelas estações do ano e pelas marés. Através de material didático e interativo, o visitante toma conhecimento da biodiversidade local e importância das zonas húmidas e refúgios de maré. A visita continua com a observação da avifauna nas lagoas, havendo, pelo caminho, uma interpretação dos habitats e dos indícios de atividade dos diferentes grupos de fauna. Especificamente para as escolas, existem atividades lúdico-pedagógicas, tendo em conta o currículo escolar. Por fim, por ser localizado numa zona de elevada importância ecológica, neste centro também são conduzidos diversos projetos de conservação como a anilhagem científica de passeriformes e anseriformes, assim como estágios e teses, contribuindo para o conhecimento local e global da biodiversidade (Figura 1.4).



Figura 1.4 – Principais missões do EVOA – Espaço de Visitação e Observação de Aves.

Deste modo, este estudo pretende:

Objetivo 1: Avaliar a importância do EVOA como zona de refúgio de maré, com dados prévios a este estudo, comparando a sua ocupação em períodos de maré alta e maré baixa;

Objetivo 2: Criar e implementar um plano de monitorização para os parâmetros físico-químicos da água das lagoas (pH, salinidade, oxigénio dissolvido, altura da água e temperatura) e aplicar a metodologia desenvolvida pelo EVOA para a avifauna aquática;

Objetivo 3: Avaliar as interações entre os parâmetros da água e a abundância e diversidade da avifauna aquática presente;

Objetivo 4: Propor um plano de monitorização para as componentes água, avifauna aquática e comunidade de invertebrados, que possa ser implementado no Plano de Gestão do EVOA.

2. Métodos

2.1. Área de estudo – Lagoas do EVOA

A Lagoa Principal apresenta uma área permanentemente inundada e três ilhas planas, que poderão ficar parcialmente submersas, num total de 11,8 ha. A lagoa tem uma profundidade variável consoante a época do ano, nunca ultrapassando os 1,5 m. O facto da lagoa possuir zonas com profundidades consideráveis, permite variações de temperatura na água ao longo da mesma, o que contribui para uma menor probabilidade de *blooms* de algas, principalmente nos meses mais quentes, impedindo a redução extrema da concentração de oxigénio dissolvido e garantindo a manutenção de um habitat saudável. A lagoa possui um câmoros de 3 m em seu redor, impedindo a perturbação da fauna pelos visitantes.

A Lagoa Rasa, com uma área de 7,4 ha, é caracterizada por uma lâmina de água de 10 a 15 cm e zonas emersas, que poderão ser utilizadas como refúgio e local de alimentação para limícolas, nos períodos de maré-alta no estuário, assim como constituir um local favorável para a nidificação de algumas espécies. Também foi modelada de forma a reduzir a perturbação pelos visitantes, com câmoros de proteção de 1 a 3 m, dependendo do local.

Por fim, a Lagoa Grande com 24 ha, é a maior das três lagoas, fornecendo habitat para um maior número de aves. A sua profundidade máxima é de um metro e a área inundada é de 13 ha, o que favorece o aparecimento de grandes números de anseriformes. Apresenta diversas ilhas e também câmoros de proteção.

A gestão das lagoas implica tarefas como a manutenção do nível de água através das comportas, a monitorização da sua qualidade, bem como a manutenção da vegetação (plantação e corte).

Uma das espécies vegetais mais comuns e importantes presentes neste local é o caniço *Phragmites australis*. Com o caniçal pretendem-se resguardar áreas sensíveis, oferecendo também local de nidificação e refúgio para diferentes grupos de aves, como passeriformes e ardeídeos. Para além disso, ajuda na depuração da água do sistema, melhorando a sua qualidade. No EVOA o caniço também possui a função de cortina de abrigo, protegendo a área de chuvas intensas e ventos fortes e nas entradas de água contribui para a redução da velocidade da entrada da água.

A tamargueira *Tamarix africana*, espécie arbustiva presente no EVOA, auxilia na fixação das margens e proporciona uma barreira de proteção em locais expostos, constitui um local de poiso para aves como as rapinas e suporte de ninhos.

A tabua *Typha domingensis* é uma planta aquática ideal para a alimentação de ralídeos como o caimão *Porphyrio porphyrio* e o galeirão *Fulica atra*. Esta planta apresenta uma elevada capacidade de absorção de poluentes como metais pesados, podendo contribuindo para a limpeza da água das lagoas.

2.2. Dados de refúgio de maré

Para avaliar a importância das lagoas do EVOA como zona de refúgio de maré para as aves do estuário (**Objetivo 1**), foram utilizadas as contagens anteriores a este estudo, efetuadas pelos diferentes guias do EVOA, realizadas tanto em maré baixa como maré alta, entre 2013 e 2020. A frequência desta monitorização ao longo dos meses é variável consoante a disponibilidade dos guias, ocorrendo de janeiro a dezembro. Estas contagens seguiram a mesma técnica de observação nas três lagoas, sendo que foi determinada uma estimativa dos indivíduos presentes, numa duração aproximadamente de 25 min, em cada lagoa. Deste modo, comparam-se as contagens realizadas em maré alta com as contagens de maré baixa, para os grupos mais abundantes, que incluem as limícolas, anseriformes, ardeídeos, ralídeos e tresquiornítídeos. Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk a fim de testar a normalidade dos dados e, por fim, a comparação fez-se através do teste não-paramétrico de Mann-Whitney U, para a análise estatística das medianas dos diferentes grupos da avifauna mencionados.

2.3. Criação e implementação do plano de monitorização para a água e aplicação da metodologia desenvolvida pelo EVOA para a avifauna aquática;

Para o **Objetivo 2**, relativamente à monitorização dos parâmetros físico-químicos da água, foram selecionados dois pontos de amostragem de água por cada lagoa, selecionados de acordo com a acessibilidade à água, tendo em conta também a necessidade de minimizar a perturbação à avifauna causada aquando das amostragens. Os pontos da Lagoa Principal localizam-se na comporta poente e outro no observatório nascente. Já os da Lagoa Rasa são no abrigo fotográfico e no ponto de vista, e os da Lagoa Grande na comporta próxima da Ponta da Erva e no abrigo fotográfico (Figura 2.1).



Figura 2.1 – Localização dos pontos de amostragem para a monitorização da qualidade de água das três lagoas do EVOA. Foram definidos dois pontos por cada lagoa.

Os parâmetros medidos foram o pH, a temperatura, a salinidade, o oxigénio dissolvido e a altura da água. Para a altura da água foram colocadas varas de bambu graduadas nos diversos pontos de amostragem, a fim de registar, em cm, as variações (relativas) que ocorrem ao longo do projeto. As leituras das alturas das canas foram feitas utilizando binóculos (Manral & Khudsar, 2013). Para os

restantes parâmetros, o registo dos valores foi realizado pelo aparelho multiparâmetros HI98194, da Hanna Instruments. Esta monitorização decorreu duas vezes por semana, no mesmo dia que as contagens das populações de aves nas lagoas, desde o final dezembro de 2019 a março de 2020. Para a análise dos dados, para cada parâmetro, foi necessário calcular a média dos pontos referentes à mesma lagoa.

Paralelamente, foram realizadas contagens das aves presentes nas três lagoas, que foram posteriormente associadas aos valores dos parâmetros obtidos durante às amostragens da água. Estas contagens foram realizadas, sempre que possível, duas vezes por semana, desde final de dezembro de 2019 a março de 2020. Além disso, foram sempre efetuadas em horário de preia-mar no estuário, para garantir condições constantes e valores máximos do número de limícolas, uma vez que a presença destas espécies no EVOA parece depender das marés. As contagens foram feitas através de um telescópio, com uma ocular de 30x-60x.

Foram contabilizados os números totais de cada uma das espécies de limícolas, anseriformes, ardeídeos, ralídeos e tresquiornitídeos, em cada uma das lagoas. Para a apresentação de resultados, foram analisadas em conjunto as ordens dos Podicipediformes (mergulhões) e dos Anseriformes (patos e gansos). Para além disso, a única contagem realizada em dezembro (dia 26) foi analisada juntamente com o mês de janeiro.

2.4. Interação entre os parâmetros físico-químicos da água e a abundância e diversidade de avifauna

Para a análise dos dados, visto as lagoas não possuírem áreas idênticas fez-se uma conversão tendo em conta a área de cada uma das lagoas (Indivíduos por hectare), para as contagens serem equiparáveis. Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk a fim de testar a normalidade destes e, como não foi verificada para algumas variáveis, posteriormente, foi utilizado um Modelo Linear Simples com o intuito de testar a relação entre os parâmetros físico-químicos e a avifauna (**Objetivo 3**). Em algumas análises, a lagoa foi utilizada como fator fixo do modelo, de modo a controlar as diferenças assinaláveis que existem nas suas características. A análise de dados foi efetuada no programa estatístico SPSS Statistics 26.

3. Resultados

3.1. Refúgio de maré

Relativamente ao Objetivo 1, os valores em média±desvio do número de indivíduos, tanto em baixa-mar como em preia-mar, encontram-se representados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Valor médio e desvio padrão de indivíduos de cada um dos grupos de aves, tanto para a maré baixa como para a maré alta.

	N contagens	Total Anseriformes	Total Ardeídeos	Total Ralídeos	Total Limícolas	Total Tresquiornítídeos
Baixa	80	568,8±1329,9	2,0±5,8	2,8±5,2	34,6±53,5	9,4±53,9
Alta	109	612,7±1370,6	1,9±2,7	3,4±7,2	264,8±969,8	3,7±12,6

O teste de Shapiro-Wilk revelou que a normalidade não se verifica para nenhum grupo de aves, tanto em maré baixa como maré alta, pelo que se optou pelo uso de testes não-paramétricos (Man-Whitney U-test).

No caso das limícolas, verificaram-se valores mais elevados do total de indivíduos durante as marés altas (n=109) relativamente às marés baixas (n=80), mostrando assim que a maré no estuário tem influência nos números destas aves que frequentam as lagoas do EVOA (U=5826, p=0.00, n=183, Figura 3.1), i.e., é possível observar mais limícolas no EVOA em preia-mar.

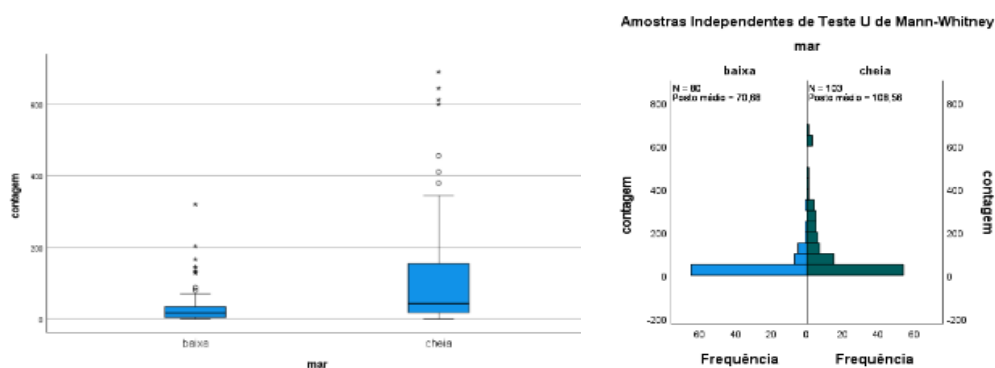


Figura 3.1 – Comparação das contagens de limícolas nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo

Por outro lado, esta influência da maré não se observou para o grupo dos anseriformes, pois os números de indivíduos nas lagoas não mudam consideradamente com a maré (U=3976, p=0.301, n=189, Figura 3.2).

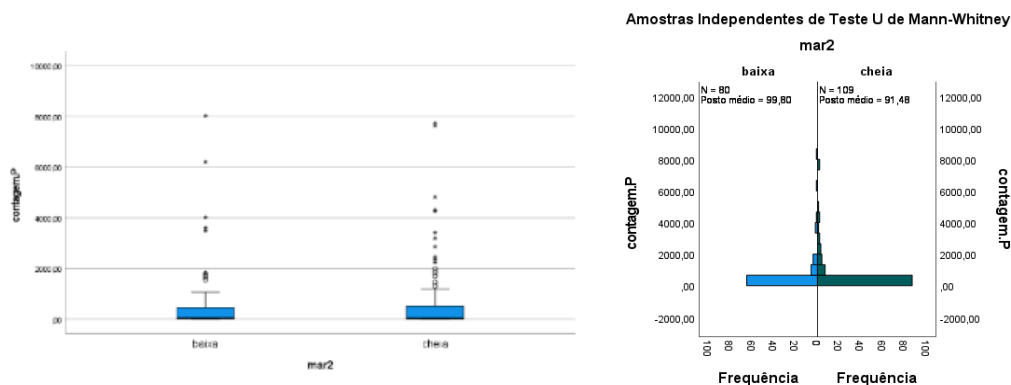


Figura 3.2 – Comparação das contagens de anseriformes nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.

Já para o grupo dos ardeídeos, observou-se que durante a maré cheia o número de garças nas lagoas do EVOA não é significativamente superior (Mann-Whitney U ($U=5101.5$, $p=0.036$, $n=189$, Figura 3.3), não havendo grandes alterações dos números consoante a maré.

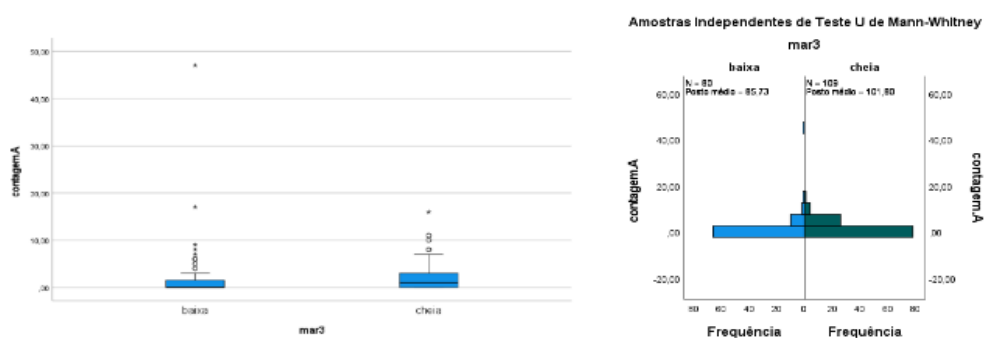


Figura 3.3 – Comparação das contagens de ardeídeos nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.

Para o grupo dos ralídeos, confirmou-se que o número de indivíduos nas lagoas não é afetado pelo estado da maré ($U=4367.5$, $p=0.983$, $n=189$, Figura 3.4), pois não apresenta nenhuma variação significativa.

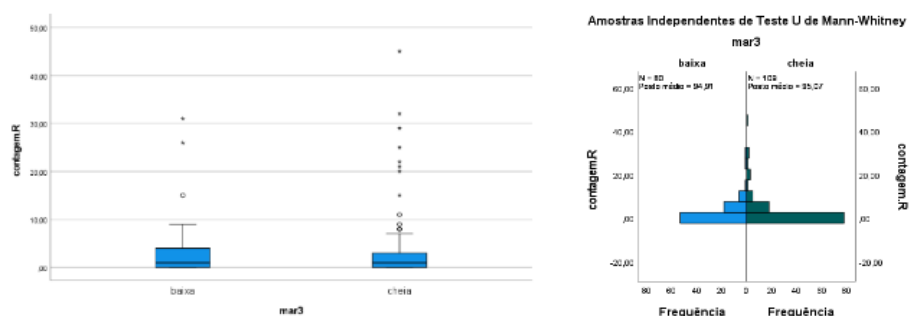


Figura 3.4 – Comparação das contagens de ralídeos nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.

Por fim, para o grupo dos tresquiornitídeos, não se observa também uma influência da maré na abundância destas aves ($U=4303$, $p=0.856$, $n=189$, Figura 3.5).

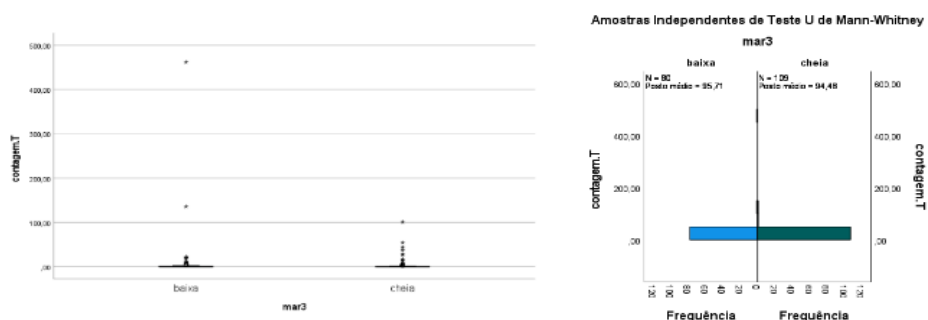


Figura 3.5 – Comparação das contagens de tresquiornitídeos nas lagoas do EVOA, durante a maré alta e a maré baixa no estuário do Tejo.

Os resultados dos testes estatísticos encontram-se apresentados no Anexo II.

3.2. Avifauna aquática

Durante as contagens realizadas para o Objetivo 2 deste estudo, observou-se um total de 35 espécies de aves aquáticas, nas três lagoas (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Lista das espécies observadas nas lagoas do EVOA, organizadas por famílias.

Família	Nome científico	Nome comum	Distribuição	Média de indivíduos			
				Janeiro	Fevereiro	Março	Total
<i>Anatidae</i>	<i>Anas aegyptiacus</i>	Ganso-do-Egito	Não-indígena	0±0	0±0,5	1±0,5	0±0,5
	<i>Anas acuta</i>	Arrabio	Invernante	1±0,5	1±0,9	0±0	0±0,6
	<i>Anas clypeata</i>	Pato-trombeteiro	Invernante	2±3,3	5±7,0	28±16,3	10±14,1
	<i>Anas crecca</i>	Marrequinha	Invernante	1482±608,6	1739±936,4	494±578,8	1304±850,4
	<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato-real	Residente	9±7,6	18±11,6	34±11,9	18±14,0
	<i>Anas querquedula</i>	Marreco	Invernante	0±0	0±0	2±2,4	0±14,1
	<i>Anas strepera</i>	Frisada	Invernante	0±0	0±0	1±2,5	0±1,3
	<i>Anser anser</i>	Ganso-bravo	Invernante	0±0,5	0±0	0±0,5	0±0,4
	<i>Netta rufina</i>	Pato-de-bico-vermelho	Invernante	0±0,4	2±3,4	14±8,8	4±7,4
	<i>Tadorna tadorna</i>	Tadorna	Invernante	0±0,8	0±0	2±1,8	1±1,3
<i>Podicipedidae</i>	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Mergulhão-pequeno	Residente	8±2,6	4±2,6	0±0	4±3,8
<i>Rallidae</i>	<i>Porphyrio porphyrio</i>	Caimão	Residente	5±3,3	5±4,6	3±1,9	5±3,4
	<i>Fulica atra</i>	Galeirão	Residente	0±0,4	0±0	1±0,5	0±0,5
	<i>Gallinula chloropus</i>	Galinhad'água	Residente	0±0	0±0,9	1±1,0	0±0,7
<i>Ardeidae</i>	<i>Ardea cinerea</i>	Garça-cinzenta	Residente	1±1,2	2±3,4	2±2,2	2±2,3
	<i>Ardeola ralloides</i>	Papa-ratos	Estival/Residente	0±0	0±0,4	0±0	0±0,3
	<i>Bubulcus ibis</i>	Garça-boeira	Residente	0±0	0±0,4	0±0	0±0,3
	<i>Egretta alba</i>	Garça-branca-grande	Invernante	0±0	0±0,4	0±0,5	0±0,4
	<i>Egretta garzetta</i>	Garça-branca-pequena	Residente	1±1,0	2±1,6	14±10,2	5±7,5
<i>Threskiornithidae</i>	<i>Platalea leucorodia</i>	Colhereiro	Residente/Invernante	0±0	1±2,2	20±13,0	6±10,9
	<i>Plegadis falcinellus</i>	Íbis-preta	Invernante	0±0	0±0	3±2,6	1±1,9
<i>Recurvirostridae</i>	<i>Himantopus himantopus</i>	Pernilongo	Residente	14±8,8	27±3,1	40±24,8	25±16,9
	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Alfaiate	Invernante	42±47,7	54±78,8	26±17,7	42±52,6
<i>Charadriidae</i>	<i>Charadrius alexandrinus</i>	Borrelho-de-coleira-interrompida	Invernante	0±0,4	0±0,4	1±1,0	0±0,6
	<i>Charadrius hiaticula</i>	Borrelho-grande-de-coleira	Invernante	2±1,8	0±0,5	9±11,6	3±6,6
	<i>Pluvialis squatarola</i>	Tarambola-cinzenta	Invernante	65±89,8	60±84,9	3±5,9	47±75,4
	<i>Vanellus vanellus</i>	Abibe	Invernante	60±38,6	22±14,2	0±0	31±35,3
<i>Scolopaciidae</i>	<i>Actitis hypoleucos</i>	Maçarico-das-rochas	Residente	3±3,4	0±0,4	0±0,5	1±2,4
	<i>Calidris alpina</i>	Pilrito-de-peito-preto	Invernante	85±128,4	20±44,6	11±15,1	43±87,9
	<i>Calidris pugnax</i>	Combatente	Migrador de Passagem	1±2,2	1±2,2	0±0	1±1,8
	<i>Gallinago gallinago</i>	Narceja	Invernante	69±33,8	77±61,5	30±31,8	61±45,8
	<i>Limosa limosa</i>	Maçarico-de-bico-direito	Invernante	40±12,8	49±38,9	65±48,6	50±33,2
	<i>Tringa erythropus</i>	Perna-vermelha-bastardo	Migrador de Passagem	1±1,6	2±2,5	2±2,1	1±2,0
	<i>Tringa nebularia</i>	Perna-verde	Migrador de Passagem	3±2,9	14±19,0	46±63,0	18±35,8
	<i>Tringa totanus</i>	Perna-vermelha	Invernante	18±7,6	15±3,7	44±36,3	24±21,6

Tendo em conta que diferentes anos/meses possuem diferentes quantidades de contagens efetuadas, os resultados são apresentados em média±desvio para a comparação dos dados, para todos os grupos de aves.

O grupo com maior representação de espécies foi o das limícolas (famílias Recurvirostridae Charadriidae, Scolopacidae), com 14 espécies observadas e em média $400 \pm 257,5$ indivíduos no mês de janeiro (Figura 3.6).

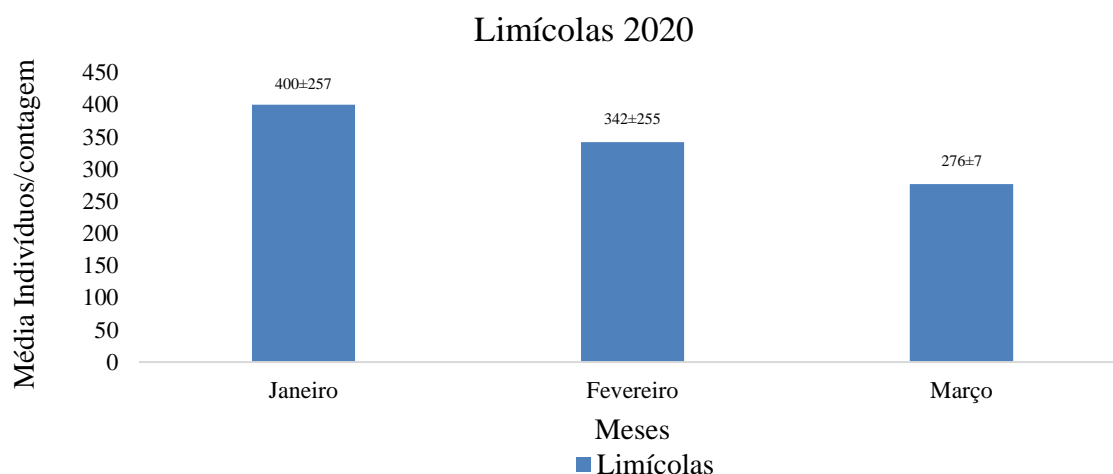


Figura 3.6 – Representação das médias mensais de limícolas nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.

No presente ano, os números de indivíduos foram superiores aos restantes anos, com exceção do ano de 2015, de fevereiro de 2016 e março de 2018 (Figura 3.7).

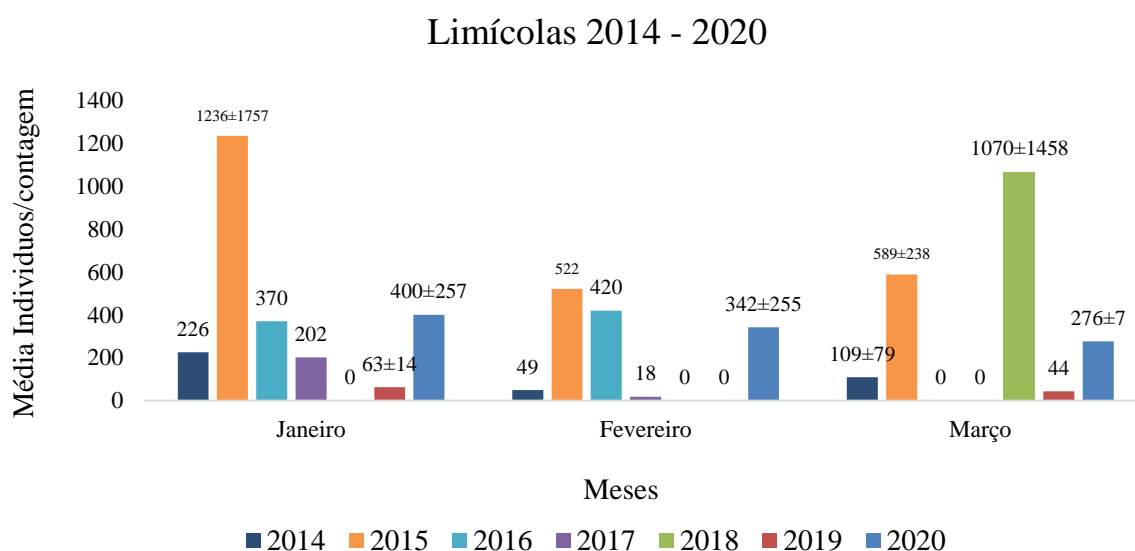


Figura 3.7 – Representação das médias mensais, de limícolas, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).

Neste grupo, a espécie invernante mais abundante foi a narceja-comum *Gallinago gallinago*, com máximo de $77 \pm 61,5$ indivíduos em fevereiro, seguidamente do milherango *Limosa limosa*, com $65 \pm 48,7$ indivíduos em março (Figura 3.8).

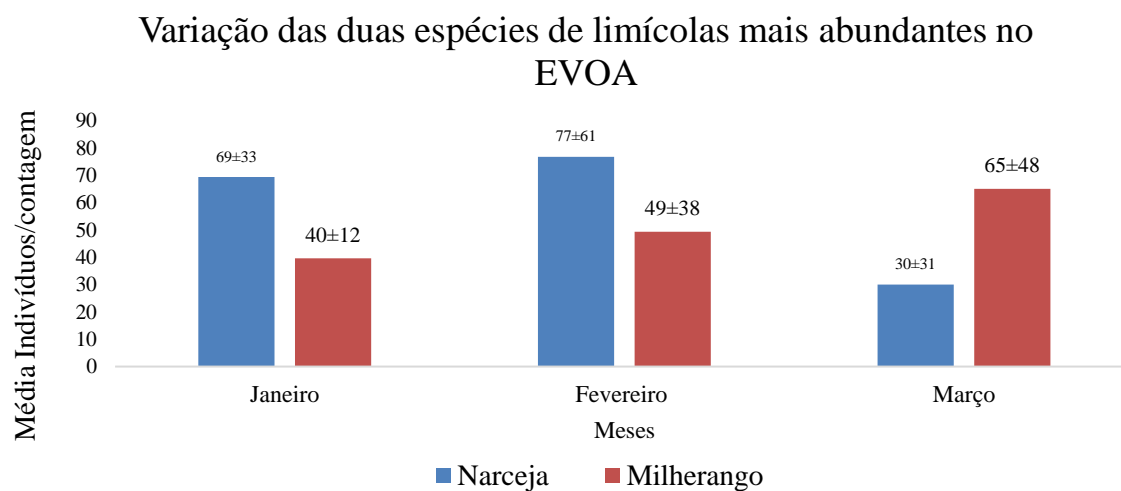


Figura 3.8 – Representação das médias mensais das duas espécies de limícolas mais abundantes nas lagoas do EVOA, entre janeiro e março a narceja-comum e o milherango, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com $n=15$.

Apesar de representar um grupo com menos diversidade de espécies (11 espécies), o grupo dos anseriformes apresenta um máximo de $1786 \pm 947,1$ indivíduos contados em fevereiro (Figura 3.9).

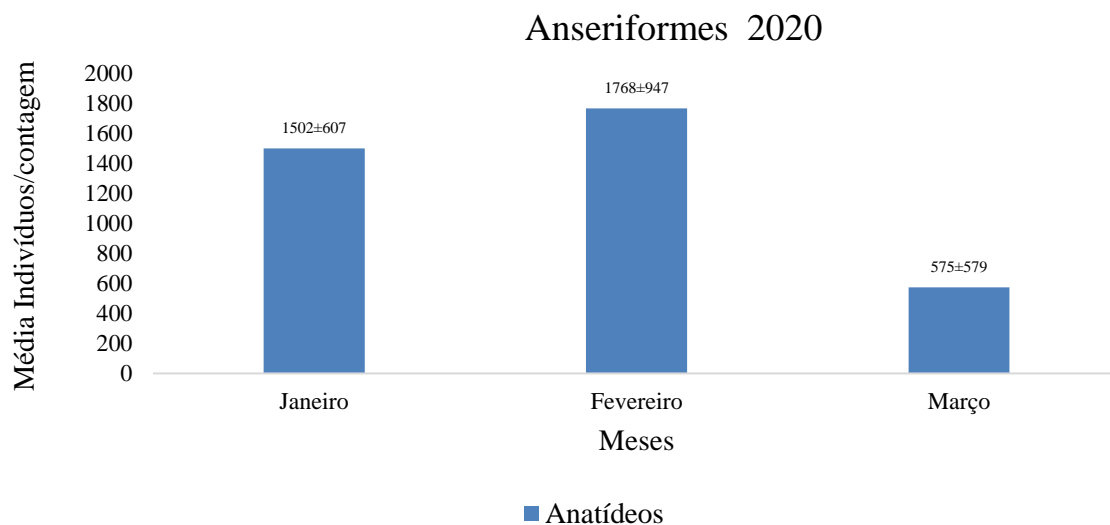


Figura 3.9 – Representação das médias mensais de anseriformes nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.

No geral, o presente ano apresentou números inferiores aos restantes anos nos meses de janeiro e fevereiro, porém superiores no mês de março (Figura 3.10).

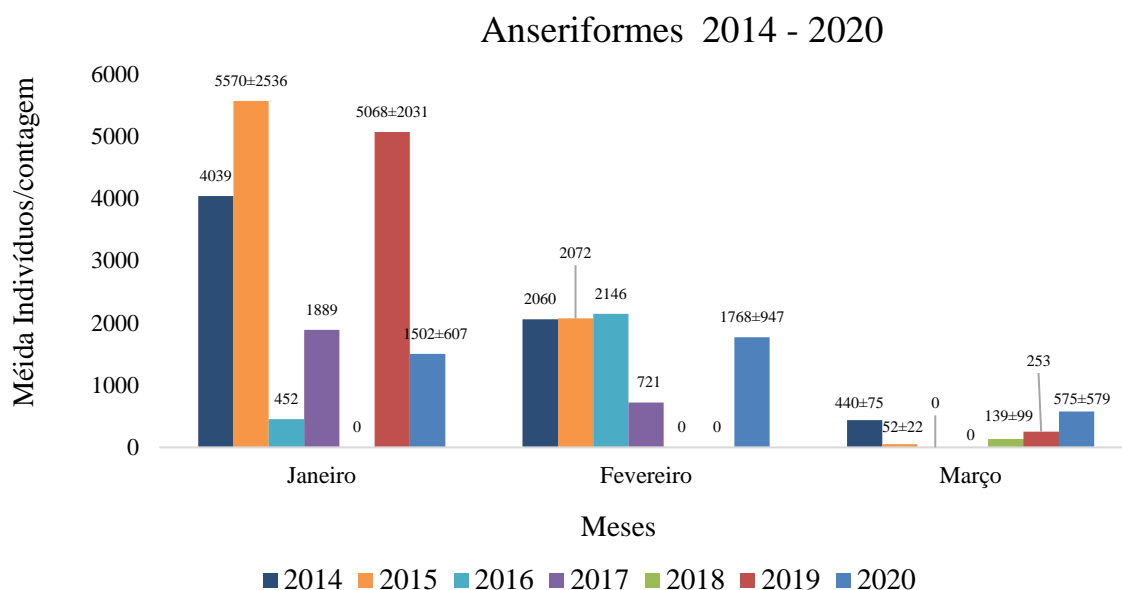


Figura 3.10 – Representação das médias mensais, de anseriformes, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).

Neste grupo de aves, a espécie mais abundante foi a marrequinha-comum *Anas crecca* (Figura 3.11), com $1739 \pm 936,4$ indivíduos contados em fevereiro.

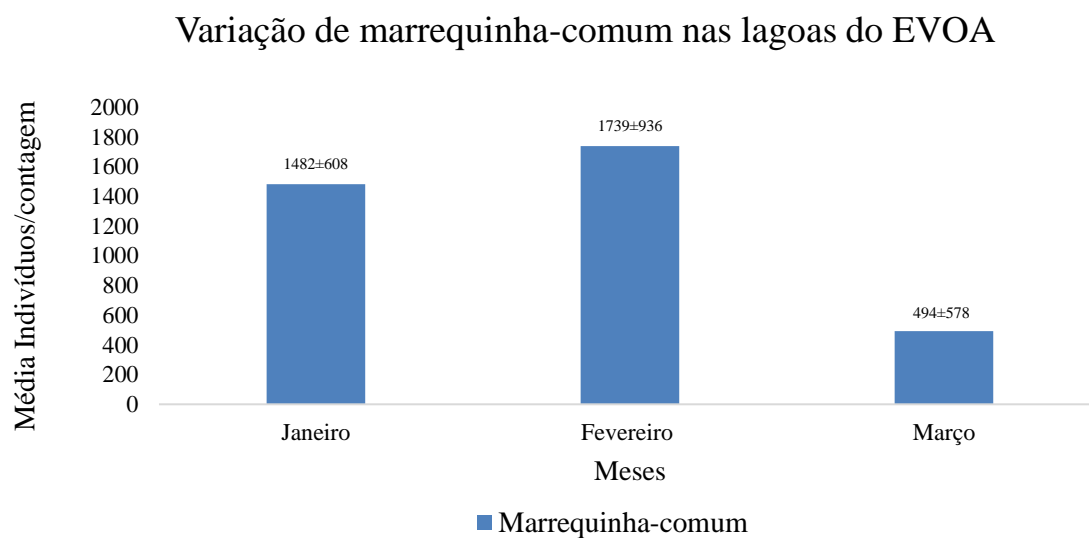


Figura 3.11 – Representação das médias mensais da espécie de anatídeo mais abundante nas lagoas do EVOA, entre janeiro e março, a marrequinha-comum, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média \pm desvio), com $n=15$.

De seguida, o grupo dos ardeídeos, onde se observaram 5 espécies diferentes, teve um máximo de $17 \pm 9,7$ indivíduos em março (Figura 3.12). Em comparação com outros anos, em geral, no presente ano registou-se um número superior de indivíduos deste grupo (Figura 3.13).

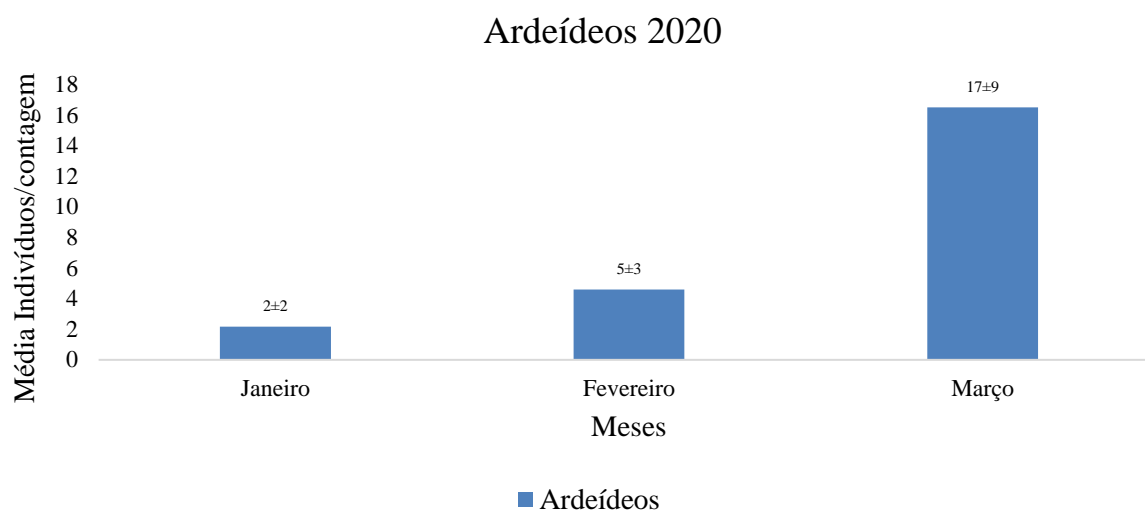


Figura 3.12 – Representação das médias mensais de ardeídeos nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.

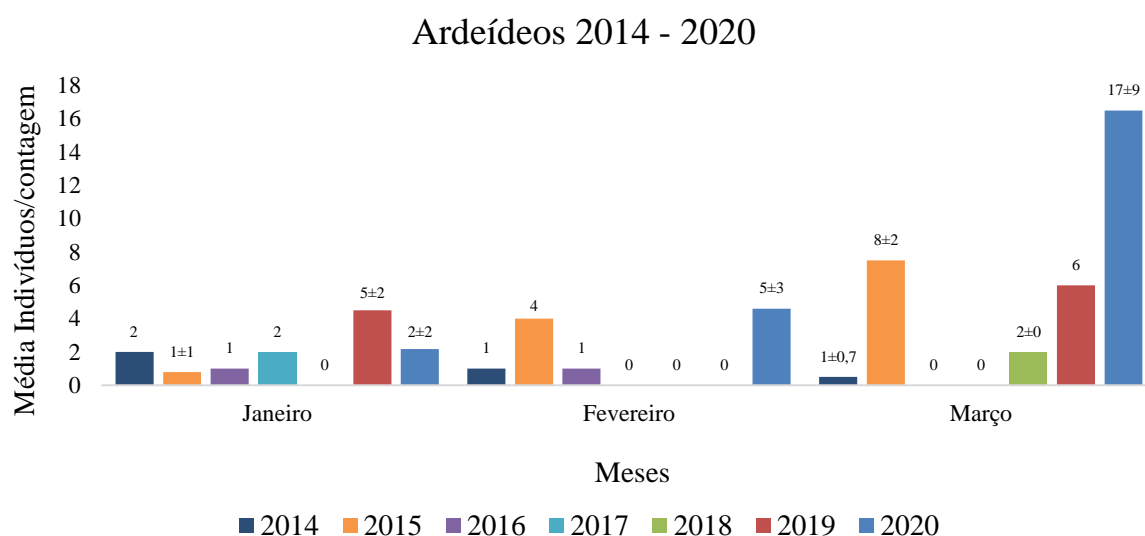


Figura 3.13 – Representação das médias mensais, de ardeídeos, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).

A espécie mais abundante nos meses amostrados foi a garça-branca-pequena *Egretta garzetta*.

Para o grupo dos ralídeos, registaram-se 3 espécies, com um máximo de $6 \pm 3,4$ indivíduos em janeiro (Figura 3.14). O presente ano mostrou números superiores destes indivíduos, com exceção dos meses de janeiro os anos 2014 e 2015 (Figura 3.15).

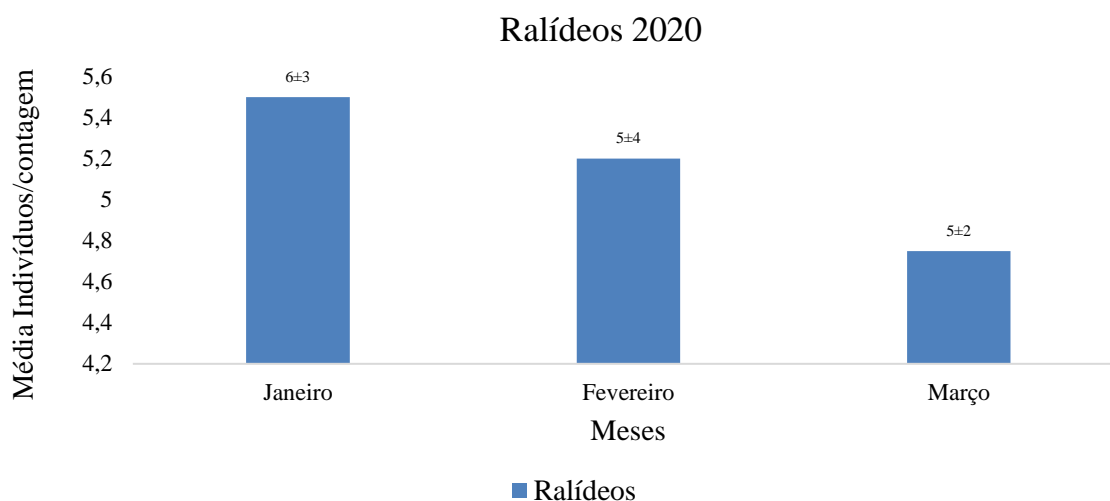


Figura 3.14 – Representação das médias mensais de ralídeos nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com $n=15$.

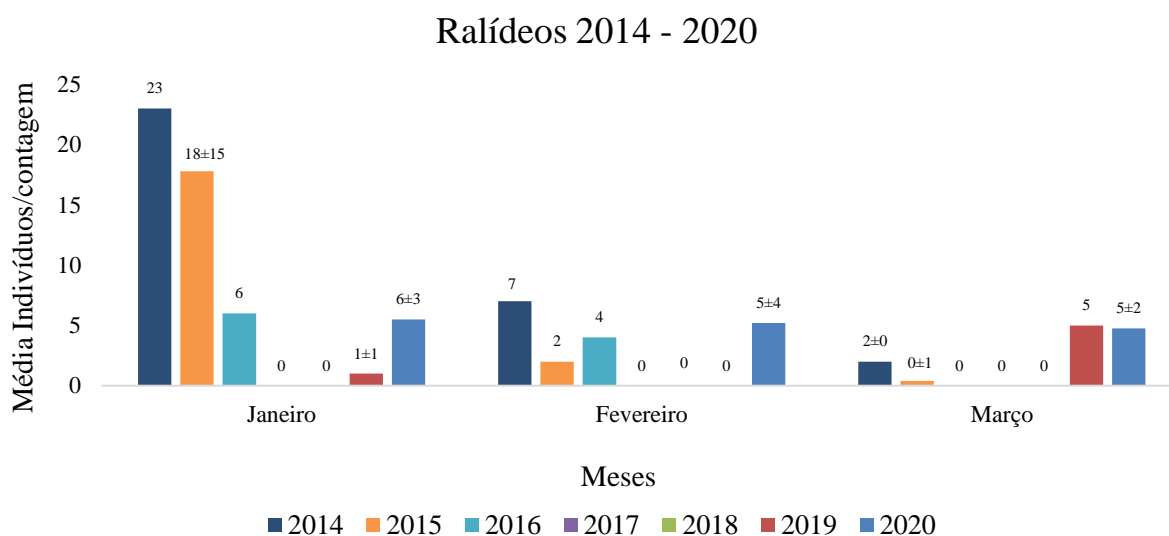


Figura 3.15 – Representação das médias mensais, de ralídeos, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).

A espécie com maior abundância registada foi o caimão *Porphyrio porphyrio*.

Por fim, o grupo dos tresquiornítídeos foram representados apenas por 2 espécies (Figura 3.16), com $23,25 \pm 14,4$ indivíduos em março. Os resultados de 2020 para o mês de março mostraram ser parecidos aos de 2019, porém em janeiro e fevereiro quase nenhum indivíduo deste grupo de aves foi observado nas lagoas (Figura 3.17).

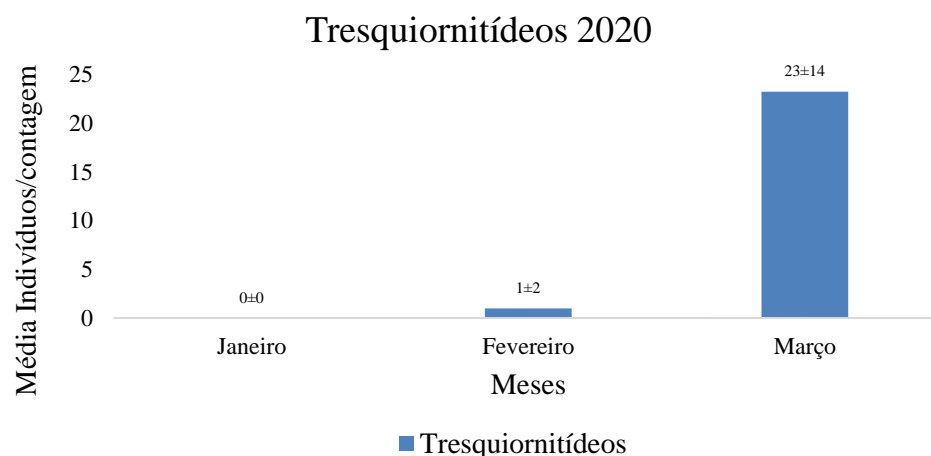


Figura 3.16 – Representação das médias mensais de tresquiornítídeos nas lagoas do EVOA no ano de 2020, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens em cada mês (média±desvio), com n=15.

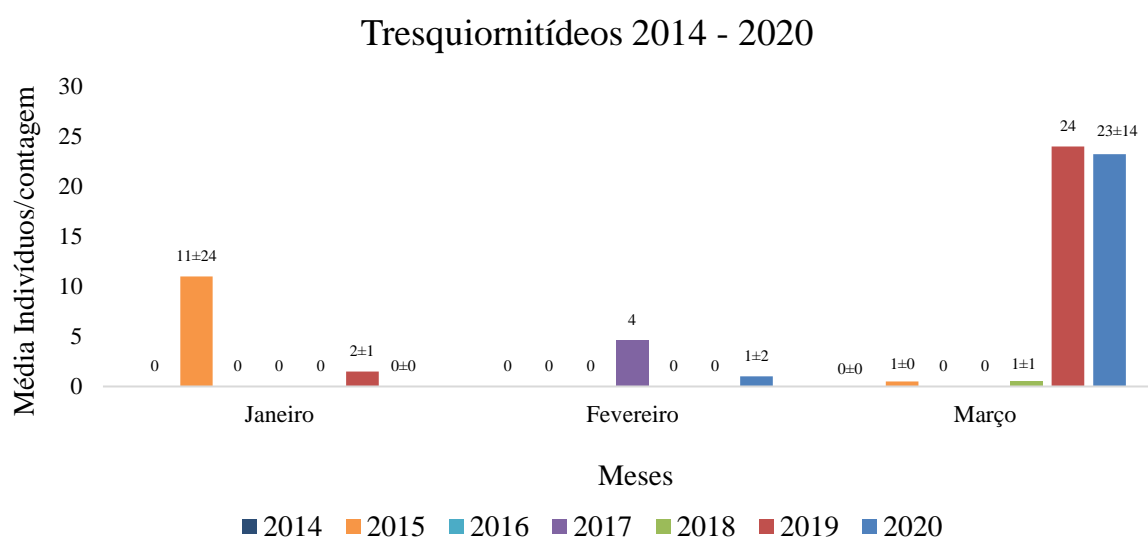
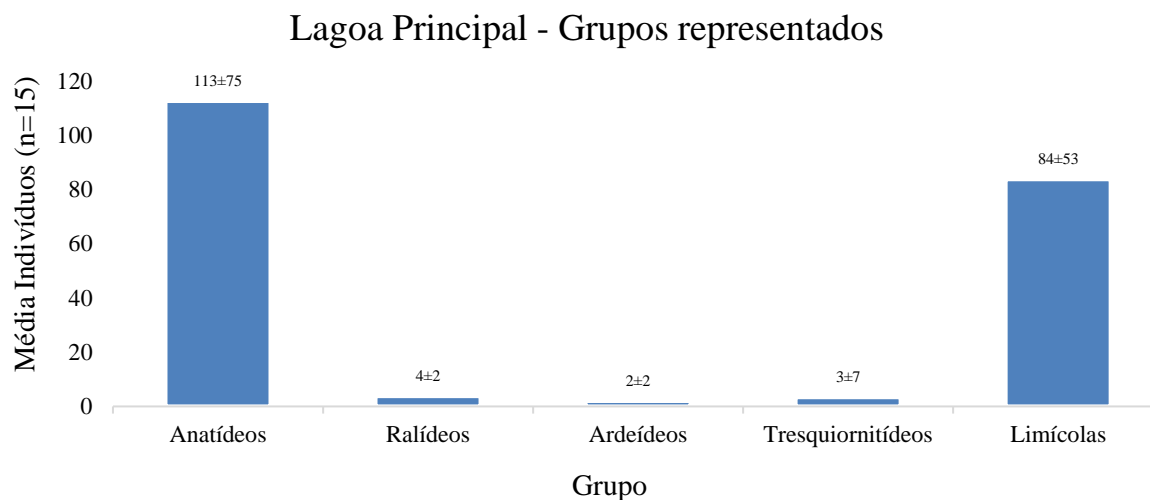


Figura 3.17 – Representação das médias mensais, de tresquiornítídeos, de cada ano, tendo em consideração o número de vezes que se efetuaram contagens (média±desvio).

A espécie com maior abundância registada foi o colhereiro *Platalea leucorodia*.

De referir que em todos os grupos de aves enunciados anteriormente, houve uma diminuição nos números de indivíduos observados numa das amostragens de fevereiro. Isto deve-se possivelmente à perturbação causada pelo lançamento de redes de canhão no dia anterior (redes acopladas a canhões que são lançadas para captura e marcação de anseriformes, método que causa muito ruído), o que causou perturbação nas aves presentes nas lagoas e enviesou as contagens nesse dia.

Referentemente aos resultados de cada lagoa de forma individual, na Lagoa Principal, o grupo mais abundante foi o dos anseriformes, com $123\pm75,8$ indivíduos por contagem, seguido do grupo das limícolas, com $84\pm53,9$ indivíduos por contagem (Figura 3.18). Os totais de todas as espécies contabilizadas nesta lagoa encontram-se representados na Figura 3.19. As espécies mais comuns de se observar nesta altura do ano é o pato-real *Anas platyrhynchos*, a narceja-comum *Gallinago gallinago* e o perna-vemella *Tringa totanus* pois foram observados em todas as amostragens da Lagoa Principal



(Figura 3.20).

Figura 3.18 – Grupos de aves representados na Lagoa Principal do EVOA, representados por (média±desvio), com n=15.

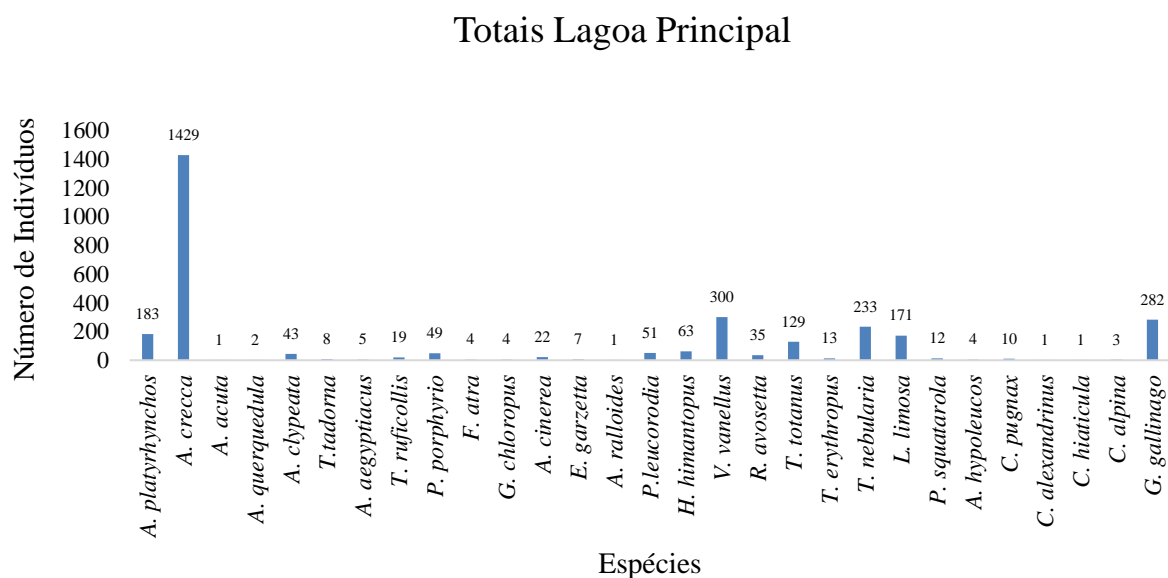


Figura 3.19 – Totais de indivíduos contados ao longos das amostragens (n=15), de final de dezembro de 2019 a março de 2020, na Lagoa Principal. As espécies encontram-se organizadas por grupos de aves (anseriformes, ralídeos, ardeídeos, tresquiornitídeos e limícolas).

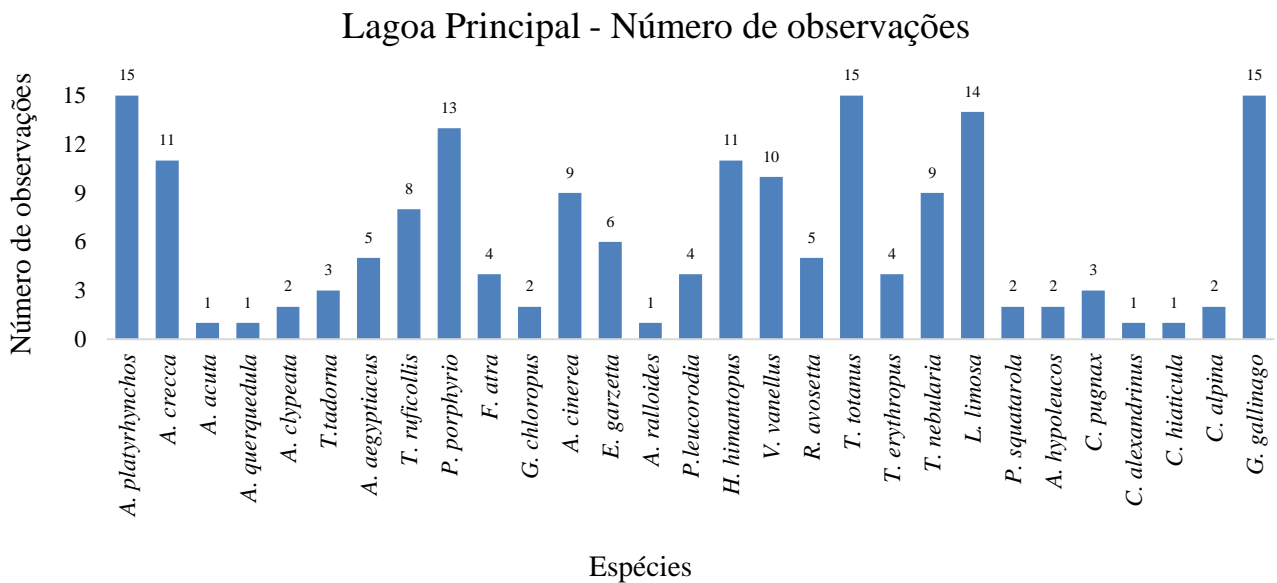
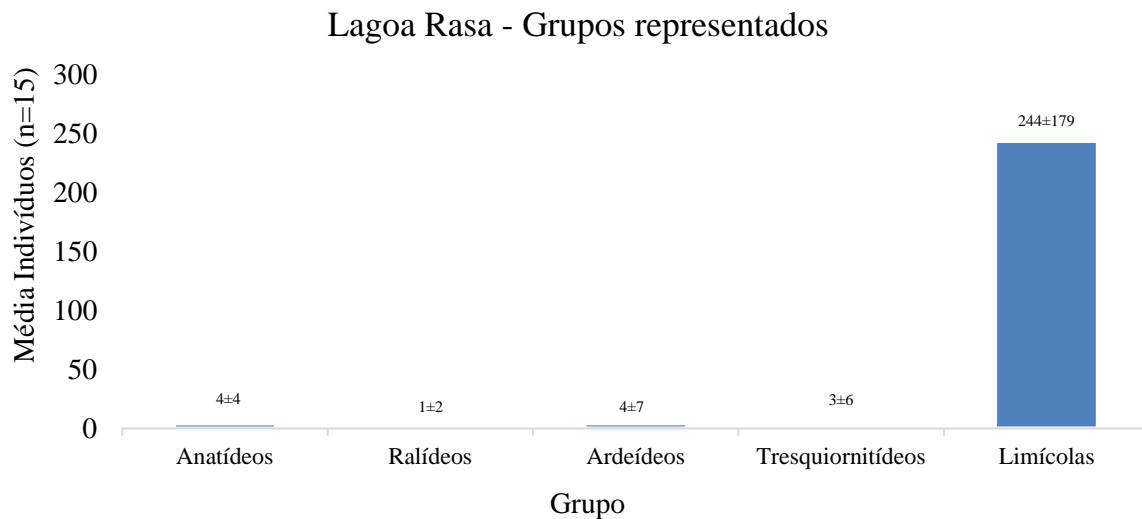


Figura 3.20 – Número de vezes que uma dada espécie foi observada na Lagoa Principal (n=15).

Já para a Lagoa Rasa, verificou-se que o grupo mais abundante foi o das limícolas, com $244 \pm 178,9$ indivíduos, seguido do grupo dos ardeídeos e anseriformes, com $4 \pm 7,2$ e $4 \pm 3,8$ indivíduos, respetivamente (Figura 3.21). Os totais de todas as espécies contabilizadas nesta lagoa encontram-se representados na Figura 3.22. Nesta lagoa, as espécies mais frequentes foram a narceja-comum *Gallinago gallinago* e o perna-vermelha *Tringa totanus* (Figura 3.23), porém com maior número de indivíduos foi a tarambola-cinzenta *Pluvialis squatarola* devido à agregação dos indivíduos numa dada



amostragem (Figura 3.22).

Figura 3.21 – Grupos de aves representados na Lagoa Principal do EVOA, representados por (média±desvio), com n=15.

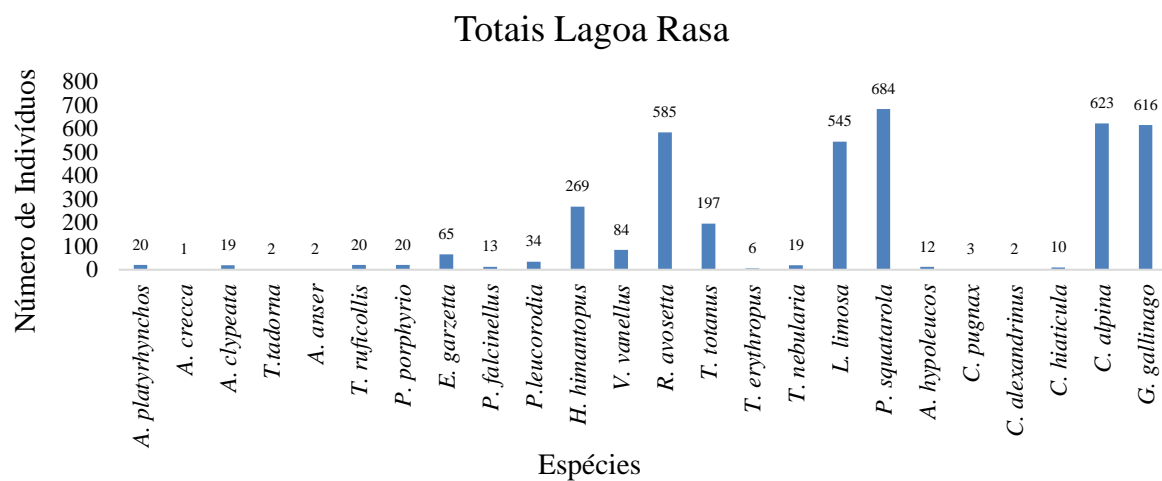


Figura 3.22 – Totais de indivíduos contados ao longos das amostragens (n=15), de final de dezembro de 2019 a março de 2020, na Lagoa Rasa. As espécies encontram-se organizadas por grupos de aves (anseriformes, ralídeos, ardeídeos, tresquiornitídeos e limícolas).

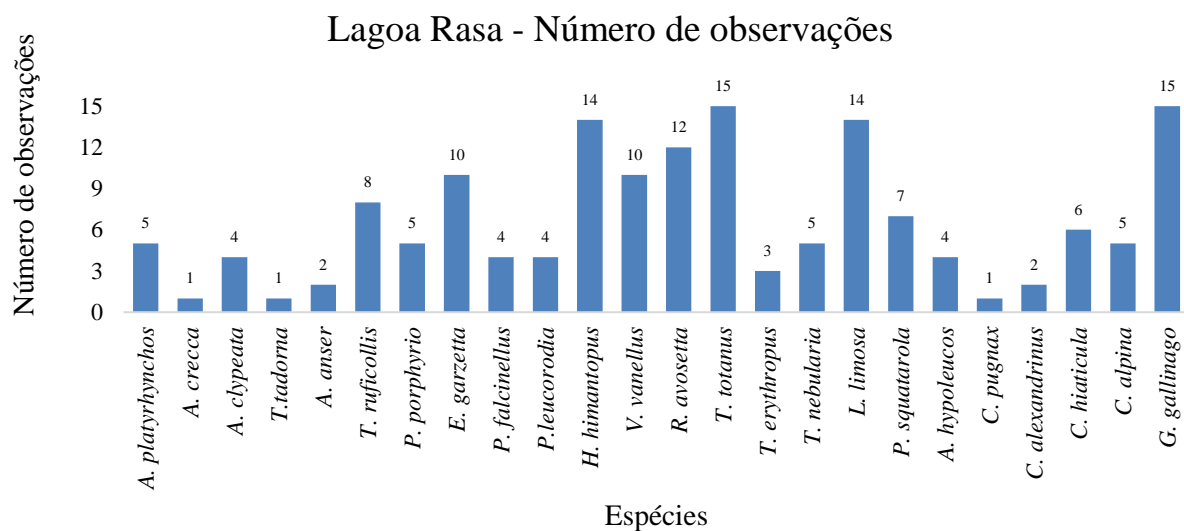


Figura 3.23 – Número de vezes que uma dada espécie foi observada na Lagoa Rasa (n=15).

Por fim, a Lagoa Grande está maioritariamente representada pelo grupo dos anseriformes, com $1226 \pm 801,9$ indivíduos, seguidamente do grupo das limícolas com $20 \pm 19,0$ indivíduos (Figura 3.24). Os totais encontram-se representados na Figura 3.25. A espécie mais observada nesta lagoa foi a marrequinha *Anas crecca* (Figura 3.26).

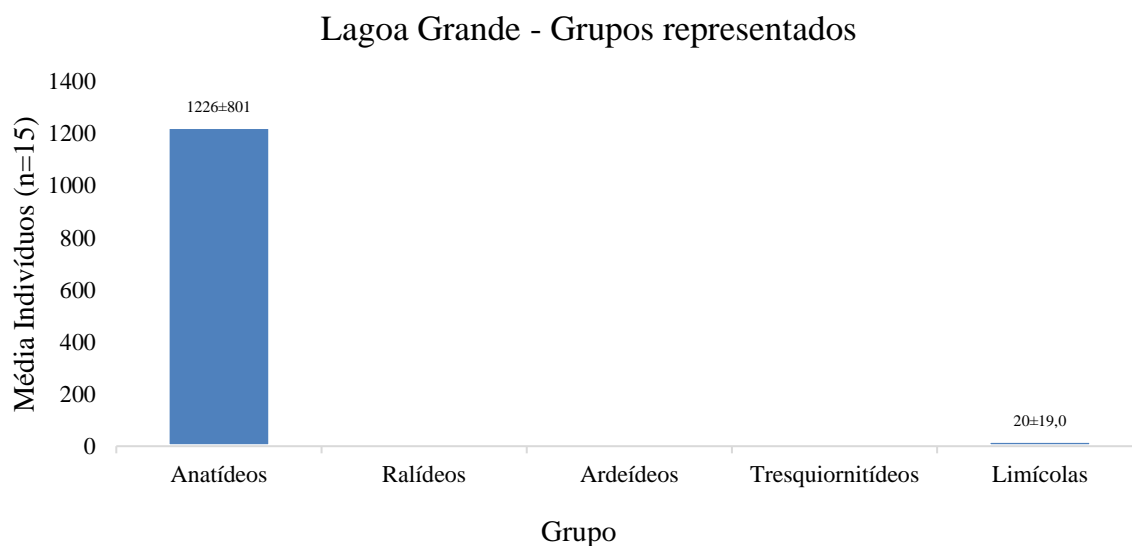


Figura 3.24 – Grupos de aves representados na Lagoa Grande do EVOA, com respetivo número de indivíduos de cada grupo, representados por (média±desvio), com n=15.

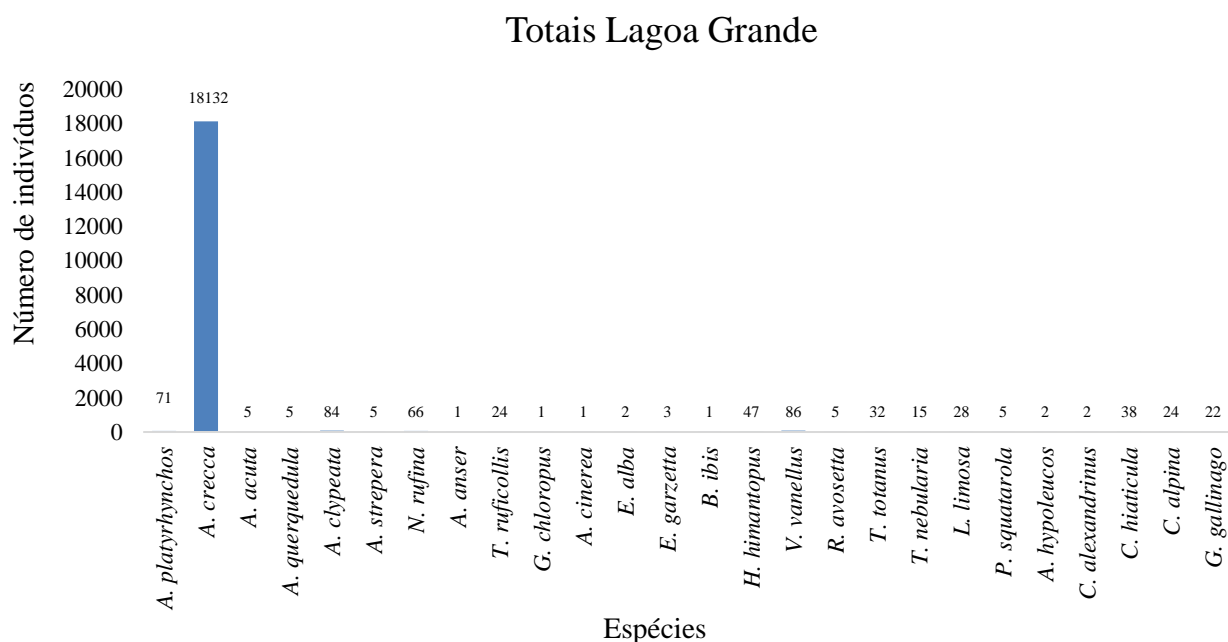


Figura 3.25 – Totais de indivíduos contados ao longos das amostragens (n=15), de final de dezembro de 2019 a março de 2020, na Lagoa Grande. As espécies encontram-se organizadas por grupos de aves (anseriformes, ralídeos, ardeídeos e limícolas).

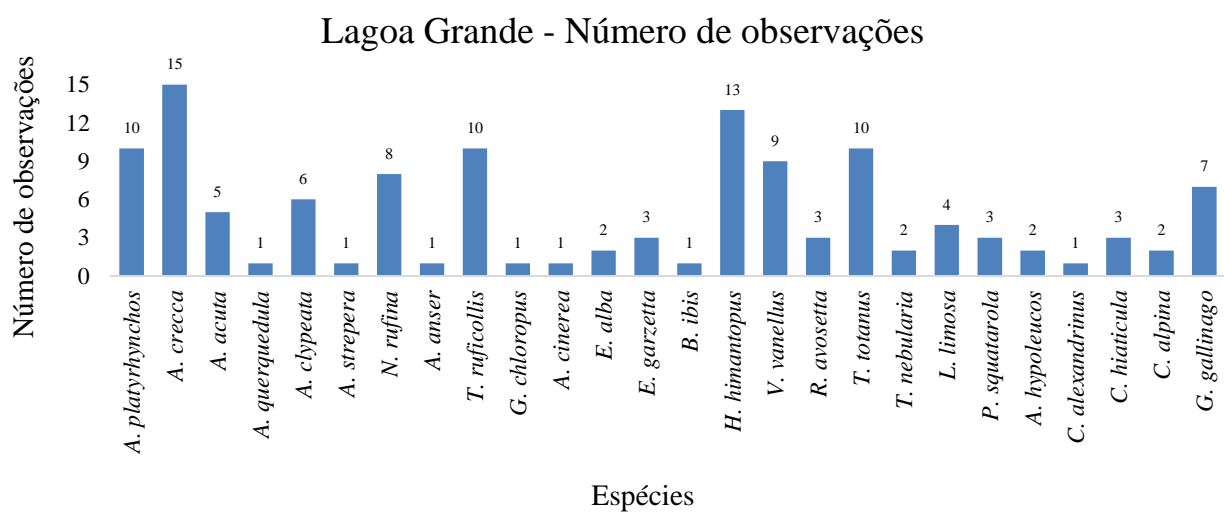


Figura 3.26 – Número de vezes que uma dada espécie foi observada na Lagoa Grande (n=15).

3.3. Parâmetros físico-químicos da água

Os dados recolhidos referentes às características físico-químicas de cada uma das lagoas encontram-se representados da Figura 3.27 à Figura 3.31. Foram analisados 15 registos para cada uma das lagoas, um total de 45 amostragens.

Em relação à altura da água, registou-se, para a Lagoa Principal, uma altura máxima de 55 cm e mínima de 36 cm ($44,8 \pm 1,48$ cm). Para a Lagoa Rasa, as alturas variam de 12,5 a 25 cm ($18,2 \pm 1,1$ cm) e para a Lagoa Grande de 51,5 a 69,5 cm ($60,6 \pm 1,3$ cm). Nota-se um decréscimo nos níveis da água ao longo da progressão da estação.

A temperatura da água, para a Lagoa Principal, variou de 6,9 a 21,7 °C ($13,9 \pm 1,0$ °C), para a Lagoa Rasa a temperatura mínima registada foi de 7,8 °C e máxima de 22,2°C ($15,0 \pm 1,0$ °C), enquanto que na Lagoa Grande variou de 8,3 a 18,7 °C ($13,8 \pm 0,8$ °C).

O pH da Lagoa Principal oscilou se 7,7 a 8,8 ($8,2 \pm 0,1$), da Lagoa Rasa registou-se um pH mínimo de 8,0 e máximo de 8,7 ($8,33 \pm 0,1$) e para a Lagoa Grande o pH variou de 8,0 a 8,6 ($8,2 \pm 0,04$).

Em relação ao oxigénio dissolvido, na Lagoa Principal o valor máximo registado foi de 14,6 ppm e o mínimo de 3,1 ppm ($8,7 \pm 0,8$ ppm). Para a Lagoa Rasa, este parâmetro variou de 3,1 a 17,2 ppm ($9,02 \pm 1,03$ ppm). Já na Lagoa Grande, o valor máximo registado foi de 12,2 ppm e o mínimo de 3,8 ppm ($6,86 \pm 0,6$ ppm).

Por fim, a salinidade da Lagoa Principal variou de 2,1 a 3,8 g/L ($2,9 \pm 0,1$ g/L), da Lagoa Rasa de 3,1 a 5,1 g/L ($3,6 \pm 0,2$ g/L), e da Lagoa Grande de 3,4 a 4,3 g/L ($3,8 \pm 0,1$ g/L).

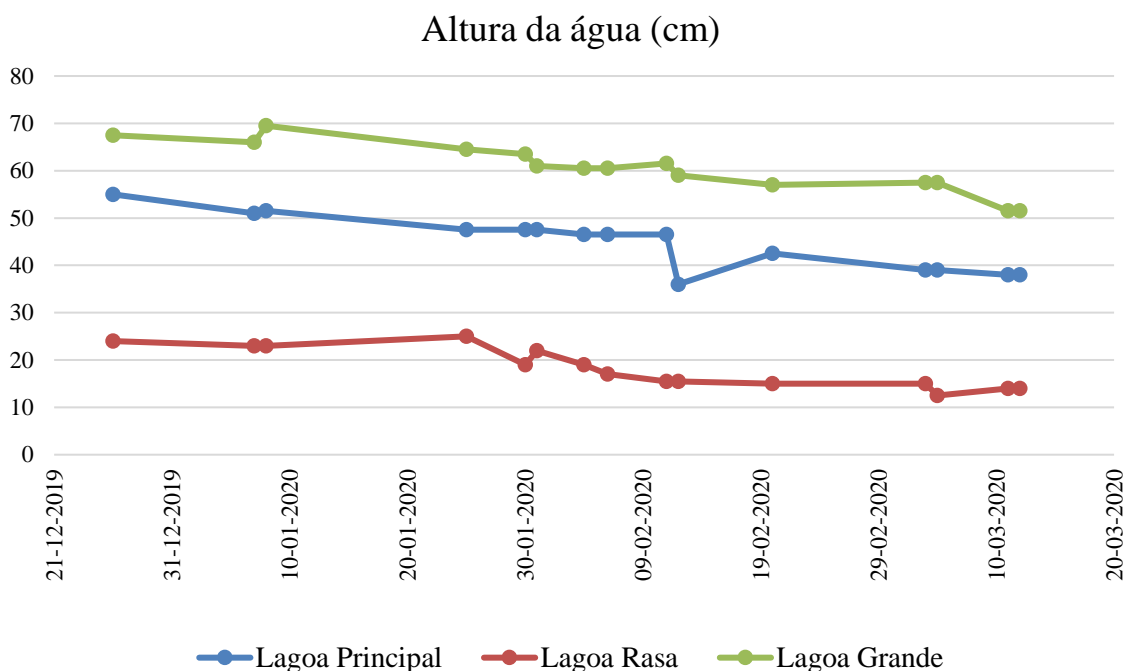


Figura 3.27 – Valores registados da altura da água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.

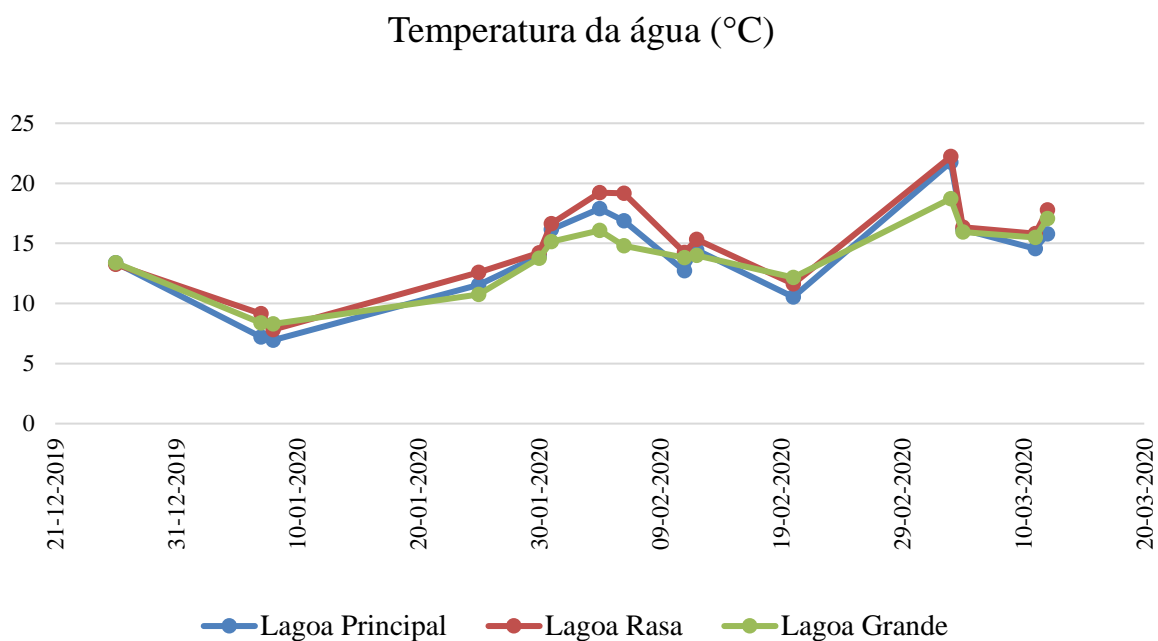


Figura 3.28 – Valores registados da temperatura da água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.

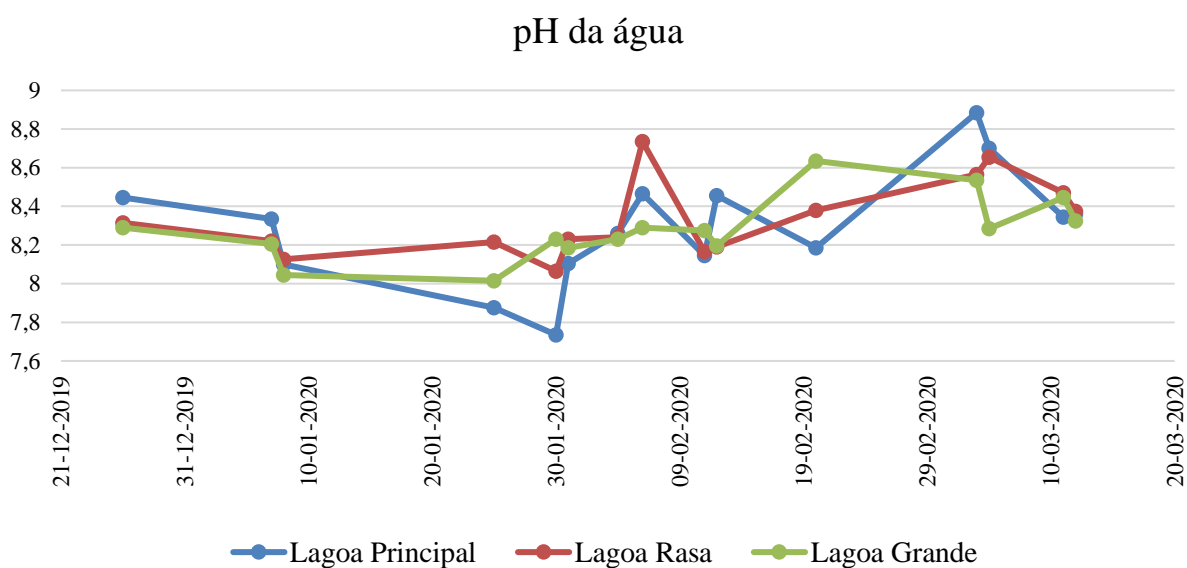


Figura 3.29 – Valores registados do pH da água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.

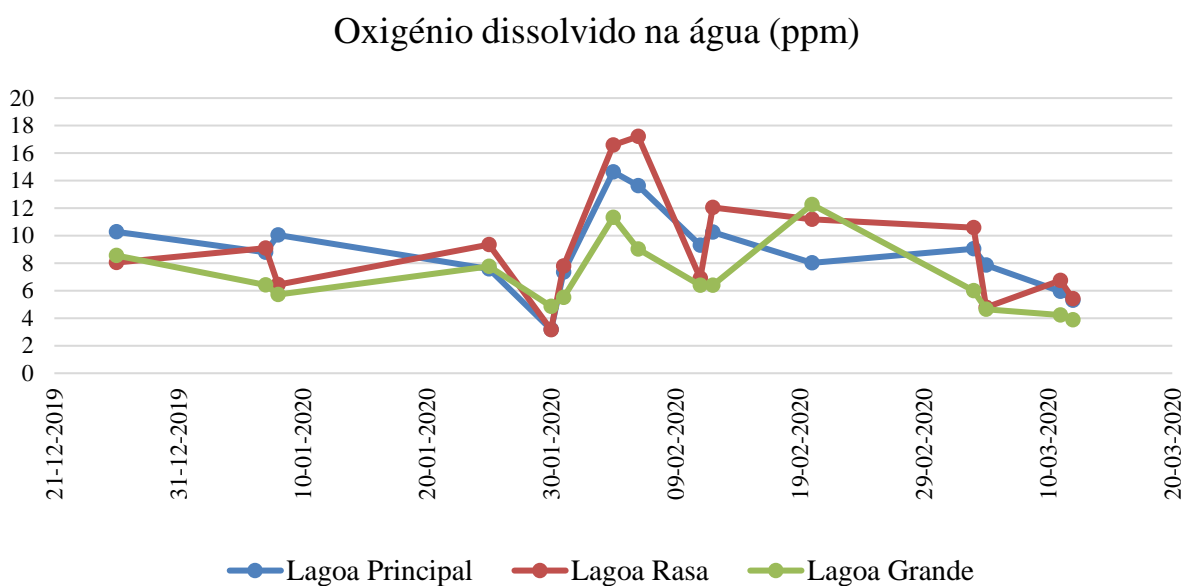


Figura 3.30– Valores registados do oxigénio dissolvido na água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.

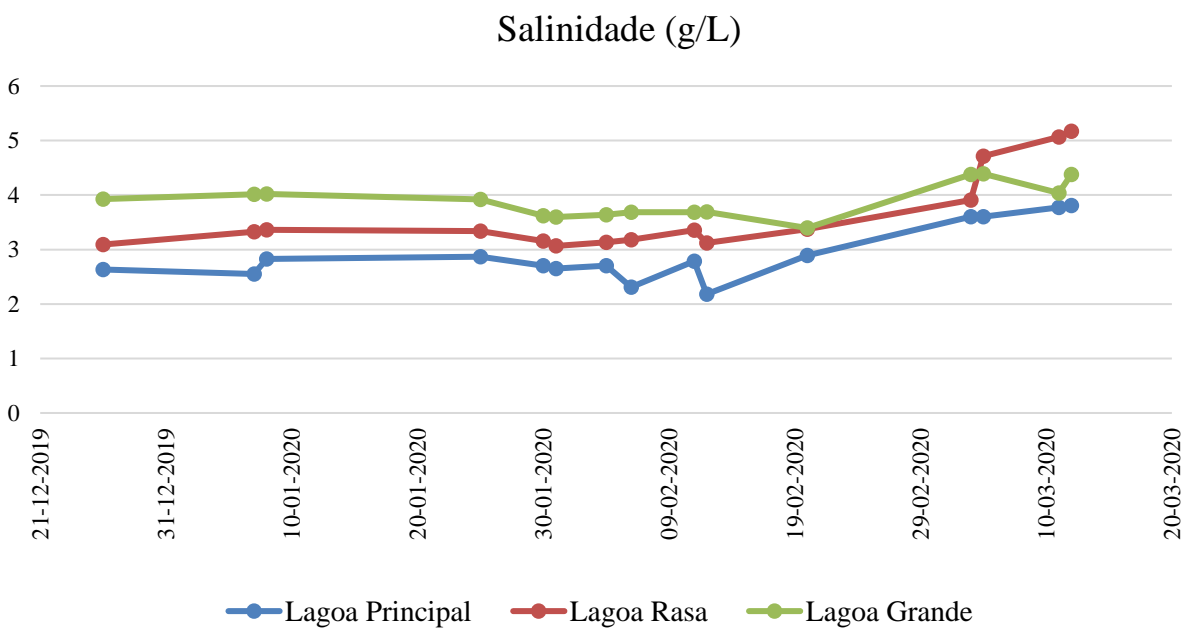


Figura 3.31 – Valores registados da salinidade da água, desde o final de dezembro a março, para as três lagoas do EVOA.

3.4. Relação entre os parâmetros físico-químicos e a avifauna

De uma forma geral, as variáveis da qualidade da água estudadas não mostraram uma relação significativa com o número e diversidade de espécies e indivíduos (ver estatísticas no Anexo II).

Contudo, encontraram-se relações significativas entre a variável salinidade e dois grupos de aves. Para o grupo dos ardeídeos, o número de indivíduos e diversidade de espécies aumentou com esta variável ($B=0,827$; $p\text{-value}=0,000$ e $B=0,065$; $p\text{-value}=0,000$, respetivamente). Para o número indivíduos e diversidade de espécies do grupo dos tresquiornitídeos, a relação também se mostrou positiva ($B=0,608$; $p\text{-value}=0,000$ e $B=0,092$; $p\text{-value}=0,000$, respetivamente).

3.5. Proposta de planos de monitorização

Pretende-se com estes Planos, estipular diretrizes para uma monitorização regular das Lagoas do EVOA, localizado na RNET, nas componentes da avifauna aquática, água e comunidade de invertebrados.

3.5.1. Plano de Monitorização para a componente de avifauna aquática do EVOA

Parâmetros a monitorizar

Os parâmetros a monitorizar deverão ser a abundância e a diversidade de aves aquáticas presentes, registando os indivíduos presentes nas três lagoas do EVOA, assim como o biótopo a ser utilizado pelas aves. Será necessário também a caracterização e mapeamento das lagoas.

Locais de Amostragem

As contagens deverão ser realizadas nos três observatórios principais das lagoas do lado poente (Figura 3.32), visto serem os locais que causam menos perturbação à avifauna. Este esforço é considerado suficiente para a cobertura total da avifauna nas lagoas. A caracterização das lagoas será realizada na totalidade de cada lagoa.



Figura 3.32 – Localização dos pontos de amostragem da avifauna aquática, nomeadamente os três observatórios no lado poente das três lagoas, Principal, Rasa e Grande.

Frequência da Monitorização

A caracterização das lagoas deverá ser realizada no início do estudo, apenas uma vez. De seguida, as contagens deverão ser realizadas uma vez por mês, durante todo o ano, em horário de maré alta, a fim de se maximizar o número de limícolas presentes nas lagoas que se encontram em refúgio da maré. Idealmente as contagens devem ser realizadas em marés com as mesmas amplitudes, já que a amplitude da maré influencia a proporção de aves que utilizam os refúgios de preia-mar (Rosa *et al.*, 2006).

Metodologia e equipamentos

Primeiramente, as lagoas deverão ser caracterizadas e mapeadas, a fim de se aumentar o conhecimento das áreas com o registo dos principais biótopos representados, nomeadamente zona 0 – presença de lama não submersa e zonas de vegetação; zona 1 – zona de lama com lâmina de água, i.e., as margens; zona 2 – zona aquática de maior profundidade, i.e., zonas de natação, genericamente representadas na Figura

3.33. Esta tarefa deverá ser realizada com o auxílio de um *drone*. Posteriormente, serão realizadas contagens de aves aquáticas, que deverão ter em conta o devido biótopo onde o indivíduo se encontra. Este método permitirá identificar que biótopos são mais importantes para cada espécie ou grupo de aves (Isola *et al.*, 2000). Adicionalmente, a atividade do indivíduo na dada zona também deverá ser registada (descanso, alimentação, comportamentos territoriais, etc), o que permitirá identificar as zonas de alimentação e descanso mais importantes nas diferentes lagoas. A contagem deverá ter a duração de 35min (diferente da duração de 25min do presente estudo que, com o acréscimo da informação dos biótopos, não é considerado suficiente), em cada lagoa. Ainda, seria importante fazer a monitorização numa zona de controle dentro do estuário do Tejo, a fim de se compreender as tendências populacionais gerais da avifauna aquática e se estas são coerentes com as tendências observadas no EVOA. Propõe-se um local dentro da RNET que poderá ser Vasa Sacos, onde existem locais que favorecem a presença de os principais grupos de aves aquáticas (Figura 3.34).



Figura 3.33 – Exemplo da divisão das diferentes zonas das contagens nas lagoas. 0 – Zona terrestre; 1 – zona de lama com lâmina de água; 2 – zona aquática de maior profundidade

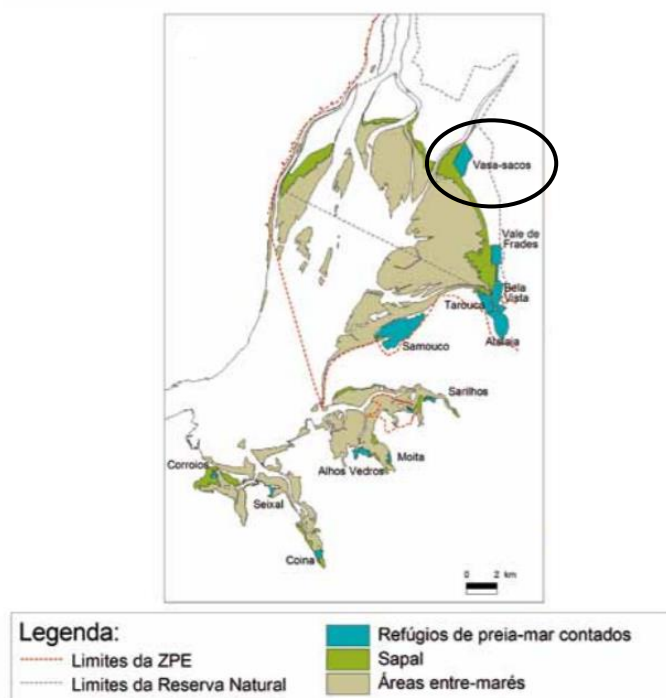


Figura 3.34 – Localização da zona de controle (a preto) para a monitorização de aves aquáticas do estuário do Tejo (Alves *et al.*, 2009).

Outros parâmetros também deverão ser registados (Figura 3.35), como o nome do observador, a precipitação, nebulosidade, visibilidade, velocidade do vento, temperatura do ar, data/hora da contagem, assim como a que fase da maré corresponde esse horário e a altura da maré. Para além disso, o registo das possíveis perturbações às contagens e enviesamento dos dados também é importante, como por

exemplo, a presença de rapinas a sobrevoar a lagoa, visitas escolares, trabalhos de manutenção diversos, aviões a sobrevoar, entre outros. Devem ser realizados os registos de observação de marcas nasais ou anilhas coloridas em qualquer espécie de ave. Caso ocorram perturbações anteriores às contagens (e.g. a realização de sessões de anilhagem ou lançamentos de redes de canhão dias antes), a contagem não deverá ser realizada, definindo outra data.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Data	Hora de início	Lagoa	Observador	Altura da maré (m)	Temperatura ar (°C)	Vento (km/h)	Precipitação (mm)	Nebulosidade	Rapina	Escola	Outros	Zonas	Espécie A	Atividade	Espécie B	Atividade	Marcas	Notas
2	16-05-2021	10:00		1 JFM	4	24	10	0 limpo	N	S	canhao		0	20	descanso			A. platyrhynchos/AMA	
3	16-05-2021	10:00		1 JFM	4	24	10	0 limpo	N	S	canhao		1	10	alimenta				
4	16-05-2021	10:00		1 JFM	4	24	10	0 limpo	N	S	canhao		2	10	natacao				
5	16-05-2021	10:00		1 JFM	4	24	10	0 limpo	N	S	canhao		total	40					
6	15-06-2021	14:00		2 LG	3	22	3	0 nublado	S	N	aviao		0	3	descanso			L. limosa/ OR BG	Rapina: B. buteo
7	15-06-2021	14:00		2 LG	3	22	3	0 nublado	S	N	aviao		1	6	alimenta				Rapina: B. buteo
8	15-06-2021	14:00		2 LG	3	22	3	0 nublado	S	N	aviao		2	0					Rapina: B. buteo
9	15-06-2021	14:00		2 LG	3	22	3	0 nublado	S	N	aviao		total	9					Rapina: B. buteo

Figura 3.35 – Exemplo de folha de registos para as contagens de aves. Lagoa: 1 (Lagoa Principal), 2 (Lagoa Rasa) ou 3 (Lagoa Grande); Observador: Iniciais do observador; Maré: baixa ou alta; Nebulosidade: limpo (céu limpo), nublado (céu com nuvens) ou nevoeiro; Rapina: N (Não) ou S (Sim); Escola: N (Não) ou S (Sim); Outros: perturbações de sessões de anilhagem, redes de canhão, sobrevoos de aviões, manutenções diversas, etc.; Zona: 0 (terrestre), 1 (margem) ou 2 (profundidade); Espécie: número de indivíduos contados; Atividade: atividade mais observada nessa zona (alimentação, descanso, natação, cuidado das penas); Marca: espécie/código; Notas: identificação da rapina, caso tenha sido observada a sobrevoar a lagoa, entre outras informações consideradas pertinentes.

São utilizados binóculos 10x42 ou 10x30 e um telescópio, com uma ocular zoom com aumentos de 30 a 120 x.

3.5.2. Plano de Monitorização para a componente de água das lagoas do EVOA

Parâmetros a monitorizar

Os parâmetros a monitorizar deverão ser a temperatura, o pH, o oxigénio dissolvido, a salinidade, a turbidez, assim como a altura da água.

Locais de Amostragem

Os locais de amostragem da água encontram-se demonstrados na Figura 3.36, sendo dois pontos por cada uma das três lagoas do EVOA (6 pontos no total). Estes pontos são considerados suficientes pois encontram-se em zonas com características diferentes, nomeadamente zonas com/sem vegetação aquática (que poderá influenciar os valores de DO), zonas de profundidades diferentes (que também poderá influenciar o DO, a temperatura e a turbidez), e zonas de entrada/saída de água (influenciando o gradiente de salinidade).



Figura 3.36 – Localização dos pontos de amostragem da componente água, nomeadamente dois pontos por cada lagoa do EVOA, num total de 6 pontos.

Frequência da Monitorização

Esta amostragem deverá ser realizada uma vez por mês, no mesmo dia que as contagens de aves anteriormente descritas, visto que os resultados do presente estudo mostraram não existir variações significativas num pequeno período e por isso a alteração da frequência de monitorização.

Metodologia e equipamentos

A medição dos parâmetros temperatura, salinidade, pH e oxigénio dissolvido na água será realizada com a submersão do medidor multiparamétrico Hanna Instruments nos locais de amostragem. Para a turbidez deverá ser utilizado o disco de secchi, também por submersão e registo da distância marcada pelo disco.

Uma das limitações atuais na monitorização da altura da água das lagoas é o desconhecimento da batimetria do terreno. Apesar da construção das lagoas ter procurado seguir o projeto inicial, com o passar dos anos, quer as ilhas e as margens, quer o relevo e as profundidades poderão sofrer alterações (e.g. acúmulo de sedimentos), mais ou menos significativas, pelo que se propõe uma atualização dos dados de batimetria a cada três anos, com o auxílio de um teodolito, um GPS e um barco. Deverá ser colocada de forma permanente numa zona central de cada uma das lagoas uma estaca. As estacas

graduadas servirão como referência para a medição da batimetria de cada uma das Lagoa. Para isso, deverá construir-se uma estaca graduada móvel, com uma base larga (de forma a não enterrar em fundo lodoso), “calibrando-a” relativamente às estacas fixas. Após essa calibração, será possível estimar a altura da água em cada uma das lagoas, através de uma rede de pontos de medida que pode ser percorrido com um pequeno barco ou a pé, em zonas menos profundas. A navegação será feita em linhas retas, com a marcação de diversos pontos com GPS e medição da altura da água na estaca. Posteriormente, poderão ser utilizados *softwares* de modelação e mapeamento para a interpretação e processamento dos dados. As estacas deverão resistir a corrosão, descoloração e ferrugem, pelo que o material deverá ser adequado. Esta metodologia abria também a possibilidade de obter informação através da participação dos visitantes. Para isso, poderá ser fixado nos observatórios um painel informativo da investigação, aliciando o visitante a procurar as estacas de medição da altura da água, com auxílio dos binóculos, e registando os valores observados num caderno, contribuindo assim para a monitorização e simultaneamente para a educação ambiental do EVOA. Posteriormente, os valores são comparados com as diferentes cotas da lagoa, a fim de se obter valores absolutos da altura da água.

Estas medições deverão ser registadas numa folha de registos, como a da Figura 3.37.

Data	Ponto de Amostragem	Altura da água	Temperatura (°C)	pH	DO (ppm)	Salinidade (g/L)
16-05-2021	1					
16-05-2021	2					
16-05-2021	3					
16-05-2021	4					
16-05-2021	5					
16-05-2021	6					

Figura 3.37 – Exemplo de folha de registos para a componente água.

3.5.3. Plano de Monitorização para a componente invertebrados das lagoas do EVOA

Parâmetros a monitorizar

Os parâmetros a monitorizar deverão ser a abundância de invertebrados bentónicos (indiv/m²) e livres na coluna de água (indiv/m³), sendo estes considerados bioindicadores da qualidade da água devido ao seu ciclo de vida ser completamente ou maioritariamente dependente deste meio. Além disso, são a base de alimentação para diversas espécies de aves, principalmente limícolas.

Locais de Amostragem

As estações de amostragem da comunidade de invertebrados encontram-se demonstrados na Figura 3.38, sendo iguais ao da componente água. São locais de fácil acesso à água, com variação de profundidade e vegetação, podendo-se, assim, garantir uma boa representação da comunidade presente.



Figura 3.38 – Localização dos pontos de amostragem da componente invertebrados (tracejado), nomeadamente dois pontos por cada lagoa do EVOA, num total de 6 pontos.

Frequência da Monitorização

Esta amostragem deverá ser realizada uma vez por mês, visto que os resultados do presente estudo mostraram não existir variações significativas num pequeno período e por isso a alteração da frequência de monitorização.

Metodologia e equipamentos

De acordo com Batzer *et al.* (2004), a recolha seria realizada com camaroeiros de 30 cm de diâmetro e uma malha de 1mm pois amostra eficazmente a comunidade de invertebrados nas zonas húmidas devido a malha ser pequena suficiente para reter a maioria dos invertebrados, porém grande o suficiente para prevenir o entupimento por sedimentos. A amostragem deverá consistir em 3 arrastos de 1 m, em cada lagoa. Esses arrastos seriam na margem, na zona mais intermédia e outro numa zona mais afastada, em linha reta com a primeira varredura. A raspagem deverá ser feita horizontalmente com o fundo da lagoa, a fim de se recolher tanto organismos bentónicos como organismos livres na coluna de água. Posteriormente, essa amostra é armazenada em frascos de plástico estanques, com a devida localização do local de amostragem e data. Após verter o conteúdo da rede, verificar se ficaram ainda organismos retidos e, se necessário, a recolha deverá ser efetuada com pinças ou virando a rede do avesso e vertendo

o conteúdo para os recipientes de acondicionamento. Deverá retirar-se a água em excesso e utilizar etanol como fixador de amostra. Quando se for analisar, dever-se-á lavar a amostra, de modo a remover o fixador e o sedimento fino, com o auxílio de um crivo de malha com 0,5 mm de diâmetro.

A separação dos invertebrados do sedimento é realizada à mão e identificada até a família, com o auxílio de literatura adequada (Tachet *et al.*, 2000) e lupa. Esta identificação deverá ser realizada por algum profissional especializado, visto ser uma tarefa com alguma complexidade.

4. Discussão

O estuário do Tejo está classificado como uma zona húmida de importância internacional, albergando mais de 1% das populações invernantes de diversas espécies (Delany *et al.*, 2009). Deste modo, torna-se relevante estudar como evoluem as tendências populacionais de limícolas nesta zona, visto diversas zonas de refúgio e alimentação encontrarem-se em estado de degradação. Catry *et al.* 2011 verificou que os números de pilrito-de-peito-preto *Calidris alpina*, tarambola-cinzenta *Pluvialis squatarola* e perna-vermelha *Tringa totanus*, 3 limícolas invernantes muito abundantes no estuário, têm vindo a diminuir nos últimos 30 anos. O declínio mais preocupante verificado nesse mesmo estudo foi para o pilrito-de-peito-preto, cujos números frequentes ultrapassavam os 20 000 indivíduos nas décadas de 70 a 90, porém, na década de 2000 a 2010 os números foram de 10 000 indivíduos. De acordo com os autores, esta diminuição poderá estar associada à degradação e desaparecimento de diversas zonas de refúgio, nas últimas décadas, devido à atividade humana local. No caso da tarambola-cinzenta, o declínio no estuário do Tejo está de acordo com o declínio da população do Atlântico Este (Delany *et al.*, 2009), que poderá estar associado a impactos negativos das alterações climáticas que poderão causar, a longo prazo, perda e degradação das zonas de alimentação e das zonas de descanso, assim como induzir a invernada em locais mais próximos dos locais de nidificação.

Os dados deste estudo mostram que o EVOA é considerado um refúgio de maré para as limícolas do estuário do Tejo, albergando milhares de aves invernantes de diversas espécies e cumprindo o seu propósito de conservação da avifauna local. Zonas húmidas artificiais como esta, proporcionam locais de refúgio e nidificação para muitas aves aquáticas, pelo que é necessário a sua monitorização, como acontece com outros refúgios existentes no estuário (Catry *et al.*, 2011), garantindo uma rede saudável de zonas alternativas às zonas intertidais. As contagens de aves representam um instrumento de monitorização crucial para avaliar a importância de zonas húmidas para a avifauna, principalmente quando estão envolvidas espécies ameaçadas e prioritárias do ponto de vista da conservação. No caso do EVOA, as contagens de aves nas lagoas tornam-se ainda mais importantes devido à visitação recorrente e constante do público, especialmente por grupos escolares, que poderão induzir a elevados níveis de perturbação e conduzir ao abandono gradual deste local por parte das aves. Durante vários anos, as contagens no EVOA nem sempre foram consistentes e frequentes, variando desde várias contagens por mês a nenhuma, pelo que é importante definir um protocolo metodológico a aplicar regularmente nas contagens de aves nas lagoas, dados esses que poderão ser utilizados em diversos projetos futuros, contribuindo para investigação e a conservação local. Para garantir que esta monitorização ocorra de forma constante, o EVOA deverá escalar um guia apenas para a realização dessas tarefas, nesse dia. Para o grupo das limícolas, o mês com contagens mais baixas foi março, contrariamente ao ano 2018, onde se registaram, em média, mais 794 indivíduos que o presente ano. Contudo, desde 2016 nota-se um crescimento dos números de janeiro, sendo 2020 o ano que apresenta números maiores com, em média, 400 indivíduos por contagem. Estas flutuações sazonais demonstram a importância destes refúgios ao longo de toda a invernada destas aves. Neste grupo as espécies mais frequentes foram a narceja-comum *Gallinago gallinago* e o milherango *Limosa limosa*. Para os anseriformes, notou-se uma redução do número médio em janeiro, relativamente ao ano anterior, com apenas 1502 indivíduos por contagem, em contraste dos 5068 indivíduos de 2019. Porém, a marrequinha *Anas crecca*, continua a ser a espécie mais abundante no EVOA, com 1304 indivíduos em média, ao longo dos meses amostrados. No caso das garças, o ano 2020 mostrou um crescimento dos números de indivíduos, com uma média de 17 indivíduos por contagem, maioritariamente devido aos indivíduos de garça-branca-pequena *Egretta garzetta* (a garça mais abundante).

O estuário do Tejo é um dos mais importantes a nível nacional para o milherango e para o alfaiate *Recurvirostra avosetta*, que são “espécies concentradas na Europa e com estatuto de conservação desfavorável”. Esta zona suporta regularmente mais do que 1% de uma população biogeográfica destas espécies, incluindo 1 % de uma via migratória, o que a qualifica como uma Zona Importante para as Aves (IBA) (Costa *et al.*, 2003). No presente estudo, verificou-se um número significativo de indivíduos destas espécies, pelo que deverão ser consideradas objetivo de conservação no Plano de Gestão do EVOA e as ações de gestão deverão favorecer a sua presença durante o período não-reprodutor. Este objetivo poderá ser cumprido com a otimização dos níveis de água nas lagoas. A entrada de água nas lagoas faz-se por gravidade, estando dependente do nível de água na Vala Mar de Cães. Habitualmente, os níveis de água na Vala encontram-se a cotas mais baixas no inverno e cotas mais elevadas no verão, durante a cultura de arroz na lezíria. Durante a invernada destas aves, devido a maior pluviosidade, existe uma elevada pressão da água nas lagoas, podendo implicar uma maior perda de água pela comporta e consequente diminuição em demasia dos níveis de água, não se conseguindo garantir períodos de imersão/emersão necessários nesta altura do ano para a manutenção do coberto vegetal (fomentar zonas sem vegetação) e para a permanência de zonas de lodo, atrativas para as limícolas devido à maior acessibilidade aos invertebrados.

Pelos dados de abundância de íbis-preto *Plegadis falcinellus* obtidos no presente estudo, verifica-se um reduzido número de indivíduos presentes nas lagoas durante o dia, pois estes tendem a ocupar os arrozais nas lezírias. O mesmo poderá ocorrer com o grupo das garças. Sabendo que estas espécies são coloniais e tendem a ocupar árvores ou arbustos, tanto para nidificar como descansar, seria relevante a plantação de vegetação arbórea, e.g. salgueiros, e reforçar a vegetação arbustiva, como é o caso da tamargueira.

A seleção das zonas húmidas por parte da avifauna poderá estar relacionada com diversos fatores, alguns destes relativos às condições para nidificação (e.g. disponibilidade de zonas seguras), diversidade de presas disponíveis e a vegetação aquática circundante, que acaba por ser um reflexo da qualidade da água da área, i.e, das suas características físico-químicas. No presente estudo, não se verificou uma significância dos parâmetros físico-químicos da água para a comunidade de aves presentes, com exceção apenas da salinidade para dois grupos, nomeadamente o grupo das garças e o das íbis e colhereiros. Pelo reduzido tempo de amostragem e pela pequena variação de valores dos parâmetros nesse período, considera-se que estas correlações encontradas não estejam propriamente relacionadas (e.g. não parece correto assumir que o número de garças aumenta apenas com a alteração de 1 g/L de salinidade). Contudo, pela bibliografia já citada, sabe-se que os diversos parâmetros estudados poderão, em algumas circunstâncias, ter influência na abundância de algumas espécies de aves, porém essa influência poderá demorar algum tempo a fazer-se notar. Assim, este estudo deverá ser continuado pois é relevante saber como é que as condições físico-químicas das lagoas do EVOA evoluem, e avaliar eventuais intervenções de gestão do local que permitam maximizar a diversidade de espécies e números de indivíduos.

Relativamente ao plano de monitorização final proposto, para a componente avifauna, visto este ser diferente do que já é aplicado no EVOA seria relevante fazer um período de adaptação com a aplicação dos dois métodos a fim de se perceber se existem diferenças assimiláveis. Ainda, em casos de perturbação significativa anterior à contagem (e.g. anilhagem nas lagoas, lançamento de redes canhão), esta não deverá ser realizada de forma a não enviesar os dados. Já para a componente da qualidade da água, seria interessante perceber se seria possível o acréscimo de pontos de amostragem. Porém com o conhecimento atual somente conseguimos garantir que os 6 pontos já selecionados para este estudo não apresentam perturbação para a avifauna. Desta forma, deverá ser assegurado um maior esforço no estudo

da área para a seleção de novos pontos, de forma a garantir um equilíbrio entre perturbação mínima e quantidade de pontos.

Outra medida para ajudar a proteger esta zona húmida, porém de uma forma indireta, seria aumentar a informação informal nos observatórios do EVOA, através de painéis informativos, visto que muitos visitantes exploram o espaço sem um guia. Estes painéis poderão ser ilustrações da lagoa em questão, com a localização das espécies mais frequentes em cada habitat (e.g., zonas de lodo com limícolas, margens de caniçal com garças e ralídeos e zonas de natação e ilhas para os anseriformes), assim como, curiosidades de cada uma, contribuindo para a sensibilização ambiental do local.

5. Conclusão

Zonas húmidas artificiais como o EVOA são consideradas importantes para mitigar a perda e degradação de zonas de refúgio de maré naturais, representando habitats alternativos e complementares para a avifauna. Contudo, uma monitorização recorrente é necessária, a fim de garantir a sua qualidade e confirmar que continuam a ser relevantes para as aves, ao longo dos anos, pois certas alterações poderão ter consequências na diversidade, distribuição e riqueza de espécies nestes locais.

Por fim, a possibilidade e facilidade de visitação a esta zona húmida artificial representa uma mais-valia para a preservação do estuário do Tejo, permitindo enquadrar e sensibilizar os visitantes relativamente aos aspetos únicos desta área protegida, da sua avifauna e dos seus valores naturais e culturais, aumentando a consciência ecológica dos mesmos. Contudo, isto poderá ter um impacto associado, que deverá ser analisado a fim de se conseguir tomar medidas rápidas e eficazes para a proteção destes ecossistemas.

6. Atividades desenvolvidas

Para além das atividades enquadradas no estudo, foram também desempenhadas outras atividades no EVOA, ao longo do estágio.

A estagiária auxiliou na atualização de base de dados das contagens da avifauna das lagoas, nas sessões de anilhagem de passeriformes (marcação de indivíduos, montagem de redes verticais e preparação do material necessário à atividade) e de anatídeos (auxílio na captura, tanto em armadilhas como em redes canhão, na marcação de indivíduos e preparação de materiais). Para além destas tarefas, também houve envolvimento na organização e criação de atividades para as visitas escolares, assim como auxílio na cafetaria e receção de visitantes. Por fim, a manutenção e calibração do medidor multiparâmetro também era assegurada pela estagiária.

Este estágio foi uma experiência bastante positiva que permitiu adquirir conhecimentos práticos da conservação e gestão de zonas húmidas artificiais, possibilitando uma maior envolvência na gestão e logística de recursos para o trabalho de campo, assim como uma maior interação com o público e criatividade na criação de atividades escolares.

7. Referências

- Alal, G. W., Olendi, R., & Barasa, J. E. (2014). Effect of Different Salinity Levels on the Hatchability and Survival of Brine Shrimp, *Artemia Salina* (Linnaeus, 1758) from Malindi, Kenya. *African Journal of Education, Science and Technology*, 2(234).
- Alves, J. A., Dias, M. P., Catry, T., Costa, H., Fernandes, P., Martins, R., Moniz, F., & Rocha, A. (2009). Monitorização das populações de aves aquáticas dos Estuários do Tejo e do Guadiana - 2009. *Anuário Ornitológico*, 7(January), 109–119.
- Alves, J. A., Lourenço, P. M., Dias, M. P., Antunes, L., Catry, T., Costa, H., Ginja, B., Jara, J., Martins, R., Moniz, F., Pardal, S., Pereira, T., Rainho, J., Rocha, A., Rodrigues, J. C., & Rolo, M. (2012). Monitoring waterbird populations on the Tejo, Sado and Guadiana estuaries, Portugal: 2011 report. *Anuário Ornitológico*, 9, 66–87.
- Anza, I., Vidal, D., Laguna, C., Díaz-Sánchez, S., Sánchez, S., Chicote, Á., Florín, M., & Mateo, R. (2014). Eutrophication and bacterial pathogens as risk factors for avian botulism outbreaks in wetlands receiving effluents from urban wastewater treatment plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(14), 4251–4259.
- Baker, M. C. (1979). Morphological correlates of habitat selection in a community of shorebirds (Charadriiformes). *Oikos*, 33(1), 121–126.
- Batzer, D. P., Palik, B. J., & Buech, R. (2004). Relationships between environmental characteristics and macroinvertebrate communities in seasonal woodland ponds of Minnesota. *Journal of the North American Benthological Society*, 23(1), 50–68.
- Bolduc, F., & Afton, A. D. (2004). Relationships between wintering waterbirds and invertebrates, sediments and hydrology of coastal marsh ponds. *Waterbirds*, 27(3), 333–341.
- Brand, L. A., Takekawa, J. Y., Shinn, J., Graham, T., Buffington, K., Gustafson, K. Ben, Smith, L. M., Spring, S. E., & Miles, A. K. (2014). Effects of wetland management on carrying capacity of diving ducks and shorebirds in a coastal estuary. *Waterbirds*, 37(1), 52–67.
- Burkert, U., Ginzel, G., Babenzien, H. D., & Koschel, R. (2005). The hydrogeology of a catchment area and an artificially divided dystrophic lake? Consequences for the limnology of Lake Fuchskuhle. *Biogeochemistry*, 71(2), 225–246.
- Cabral MJ, Almeida J, Almeida PR, Dellinger T, Ferrand de Almeida N, O. M., & Palmeirim JM, Queiroz AI, R. L. & S.-R. M. (2005). Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. In *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- Catry, P., Costa, H., Elias, G., & Matias, R. (2010). *Aves de Portugal: Ornitologia do território continental*. Assírio & Alvim.
- Catry, T., Alves, J. A., Andrade, J., Costa, H., Dias, M. P., Fernandes, P., Leal, A., Lourenço, P. M., Martins, R. C., Moniz, F., Pardal, S., Rocha, A., Santos, C. D., Encarnação, V., & Granadeiro, J. P. (2011). Long-term declines of wader populations at the Tagus estuary, Portugal: A response to global or local factors? *Bird Conservation International*, 21(4), 438–453.
- Causarano, F., & Battisti, C. (2009). Effect of seasonal water level decrease on a sensitive bird assemblage in a Mediterranean wetland. *Rendiconti Lincei*, 20(3), 211–218.
- Costa, L., Nunes, M., Geraldés, P., & Costa, H. (2003). *Zonas Importantes para as Aves em Portugal* (SPEA (ed.)).
- Decreto-lei n.º 565/76 de 19 de Julho da Presidência do Conselho de Ministros, Pub. L. No. Diário da República: Série I de 1976-07-19, 1582 (1976).

- Decreto-Lei n.º 280/94 do Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Pub. L. No. Diário da República: Série I-A de 1994-11-05, 6684 (1994).
- Delany, S., Scott, D., Helmink, A. T. F., Dodman, T., Flink, S., Stroud, D., & Haanstra, L. (2009). *An Atlas of Wader Populations in Africa and Western Eurasia*. Wetlands International.
- DesGranges, J. -L., & Darveau, M. (1985). Effect of lake acidity and morphometry on the distribution of aquatic birds in southern Quebec. *Ecography*, 8(3), 181–190.
- Dias, A. A., & Marques, J. S. (1999). *Estuários. Estuário do Tejo: o seu Valor e um Pouco da sua História*. Instituto da Conservação da Natureza.
- Dias, M. P., Granadeiro, J. P., Martins, R. C., & Palmeirim, J. M. (2006). Estimating the use of tidal flats by waders: Inaccuracies due to the response of birds to the tidal cycle. *Bird Study*, 53(1), 32–38.
- Ens, B. J., Brinkman, A. G., Dijkman, E. M., Kersten, M., Brenninkmeijer, A., & Twisk, F. (2005). Modelling the distribution of waders in the Westerschelde: What is the predictive power of abiotic variables? *Alterra Report 1193, Wageningen*, 114–115.
- EVOA. (2018). *Relatório de Atividades*.
- Grillas, P. (1990). Distribution of submerged macrophytes in the Camargue in relation to environmental factors. *Journal of Vegetation Science*, 1(3), 393–402.
- Hawkins, G. T. (2011). Molts and plumages of Ducks (Anatinae). *Waterbirds*, 34(4), 481–494.
- Holm, T. E., & Clausen, P. (2006). Effects of water level management on autumn staging waterbird and macrophyte diversity in three Danish coastal lagoons. *Biodiversity and Conservation*, 15(14), 4399–4423.
- Holmberg, K., Edsman, L., & Klint, T. (1989). Female mate preferences and male attributes in mallard ducks *Anas platyrhynchos*. *Animal Behaviour*, 38(1), 1–7.
- ICNF. (2006). Plano Setorial Rede Natura 2000 - *Ardea purpurea*. *Habitat*.
- Isola, C. R., Colwell, M. A., Taft, O. W., & Safran, R. J. (2000). Interspecific differences in habitat use of shorebirds and waterfowl foraging in managed wetlands of California's San Joaquin Valley. *Waterbirds*, 23(2), 196–203.
- Li, F., Cai, Q., Jiang, W., & Qu, X. (2012). Macroinvertebrate relationships with water temperature and water flow in subtropical monsoon streams of Central China: Implications for climate change. *Fundamental and Applied Limnology*, 180(3), 221–231.
- Manral, U., & Khudsar, F. A. (2013). Assessment of Wetland Water Quality and Avian Diversity of a Human-Modified Floodplain Wetland on River Yamuna. *Notulae Scientia Biologicae*, 5(1), 25–33.
- Marques, S., & Ramos, J. (2006). *A importância da Ria de Aveiro para a população reprodutora de Garça-vermelha "Ardea purpurea" em Portugal*. 41, 31–41.
- McInnes, R. J. (2013). Recognizing ecosystem services from wetlands of international importance: An example from Sussex, UK. *Wetlands*, 33(6), 1001–1017.
- McKinstry, M. C., & Anderson, S. H. (2002). Creating wetlands for waterfowl in Wyoming. *Ecological Engineering*, 18(3), 293–304.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being : wetlands and water synthesis : a report of the Millennium Ecosystem Assessment*. World Resources Institute,

Washington, DC.

- Mitsch, W. J., & Gossilink, J. G. (2000). The value of wetlands: Importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*, 35(1), 25–33.
- Mitsch, W. J., Wu, X., Nairn, R. W., Weihe, P. E., Wang, N., Deal, R., & Boucher, C. E. (1998). Creating and Restoring Wetlands: A whole ecosystem experiment in self-design. *BioScience*, 48(12), 1019–1030.
- Nagarajan, R., & Thiayagesan, K. (1996). Waterbirds and substrate quality of the Pichavaram wetlands, southern India. *Ibis*, 138(4), 710–721.
- Nakamura, K., Tockner, K., & Amano, K. (2006). *River and Wetland Restoration : Lessons from Japan*. 56(5).
- Neto, J. M., Caçador, I., Caetano, M., Chaínho, P., Costa, L., Gonçalves, A. M. M., Pereira, L., Pinto, L., Ramos, J., & Seixas, S. (2020). *Rios de Portugal: Comunidades, processos e alterações*. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Norazlimi, N. A., & Ramli, R. (2015). The relationships between morphological characteristics and foraging behavior in four selected species of shorebirds and water birds utilizing tropical mudflats. *Scientific World Journal*, 2015.
- Paracuellos, M., & Tellería, J. L. (2004). Factors affecting the distribution of a waterbird community: The role of habitat configuration and bird abundance. *Waterbirds*, 27(4), 446–453.
- Patra, A., Santra, K. B., & Manna, C. K. (2010). Relationship among the abundance of waterbird species diversity, macrophytes, macroinvertebrates and physico-chemical characteristics in Santragachi Jheel, Howrah, W.B., India. *Acta Zoologica Bulgarica*, 62(3), 277–300.
- Rajpar, M. N., & Zakaria, M. (2011). Effects of Water Level Fluctuation on Waterbirds Distribution and Aquatic Vegetation Composition at Natural Wetland Reserve, Peninsular Malaysia. *ISRN Ecology*, 2011, 1–13.
- Ramsar Convention Secretariat. (2016). An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands. (*Previously The Ramsar Convention Manual*), 7th ed., 108.
- Rendón, M. A., Green, A. J., Aguilera, E., & Almaraz, P. (2008). Status, distribution and long-term changes in the waterbird community wintering in Doñana, south-west Spain. *Biological Conservation*, 141(5), 1371–1388.
- Rosa, S., Encarnação, A. L., Granadeiro, J. P., & Palmeirim, J. M. (2006). High water roost selection by waders: Maximizing feeding opportunities or avoiding predation? *Ibis*, 148(1), 88–97.
- Schaffer-Smith, D., Swenson, J. J., Reiter, M. E., & Isola, J. E. (2018). Quantifying shorebird habitat in managed wetlands by modeling shallow water depth dynamics. *Ecological Applications*, 28(6), 1534–1545.
- Sebastián-González, E., & Green, A. J. (2014). Habitat Use by Waterbirds in Relation to Pond Size, Water Depth, and Isolation: Lessons from a Restoration in Southern Spain. *Restoration Ecology*, 22(3), 311–318.
- Sebastián-González, E., Sánchez-Zapata, J. A., & Botella, F. (2010). Agricultural ponds as alternative habitat for waterbirds: Spatial and temporal patterns of abundance and management strategies. *European Journal of Wildlife Research*, 56(1), 11–20.
- Spautz, H., Nur, N., Stralberg, D., & Chan, Y. (2006). Multiple-scale habitat relationships of tidal-marsh breeding birds in the San Francisco Bay estuary. In *Studies in Avian Biology* (Issue 32).

- Tachet, H., Bournaud, M., Polatera-Usseglio, P., & Richoux, P. (2000). *Invertébrés D'Eau Douce* (CNRS).
- TEEB Foundations. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations* (P. Kumar (ed.)). Earthscan, London and Washington.
- Thapa, J. B., & Saund, T. B. (2013). Water Quality Parameters and Bird Diversity in Jagdishpur Reservoir, Nepal. *Nepal Journal of Science and Technology*, 13(1), 143–155.
- Turner, R. K., Bergh, J. C. J. M. Van Den, & So, T. (2000). Ecological-economic analysis of wetlands : scientific integration for management and policy. *Ecological Economics*, 35, 7–23.
- Van de Kam, J., Ens, B. J., Piersma, T., & Zwarts, L. (2004). *Shorebirds. An Illustrated Behavioural Ecology* (2nd ed.). KNNV Publishers.
- Weber, L. M., & Haig, S. M. (1996). Shorebird Use of South Carolina Managed and Natural Coastal Wetlands. *The Journal of Wildlife Management*, 60(1), 73–82.
- Wrona, F. J., Prowse, T. D., Reist, J. D., Hobbie, J. E., & Le, L. M. J. (2006). *Climate Change Effects on Aquatic Biota , Ecosystem Structure and Function*. 7447(May 2014).
- Younos T. (2007). Nutrient in lakes and reservoirs-A literature review for use in nutrient criteria development. *Special Report. Virginia Water Resources Research Center, Virginia, Virginia Tech*, 112.

8. Anexos

Anexo I – Resultados estatísticos para a comparação da abundância de aves entre maré alta e maré baixa, nos diferentes grupos de aves estudados, evidenciando as variáveis com p-value < 0,05 (com influência aparente das marés).

Grupo	n	Hipótese Nula	Teste	Estatística de teste	Significância	Decisão	Erro padrão
Limícolas	183	A distribuição de contagens de Aves é igual nas categorias de maré	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	5826,000	,000	Rejeitar a hipótese nula	355,323
Anseriformes	189			3976,000	,301	Reter a hipótese nula	371,529
Ardeídeos	189			5101,500	,036	Rejeitar a hipótese nula	353,261
Ralídeos	189			4367,500	,983	Reter a hipótese nula	348,933
Tresquiornitídeos	189			4303,000	,856	Reter a hipótese nula	314,432

Anexo II – Resultados estatísticos para os GLM relativos à influência dos parâmetros físico-químicos na abundância de indivíduos e diversidade de espécies, para cada um dos grupos da avifauna estudados, evidenciando as variáveis com p-value < 0,05, tendo a lagoa como fator fixo.

Modelo	Parâmetro	B	Estatística do teste Padrão	95% Intervalo de Confiança de Wald		Teste de Hipótese	
				Inferior	Superior	Qui- quadrado de Wald	Sig.
Indivíduos Anseriformes	(Intercepto)	-129,362	155,1101	-433,372	174,648	,696	,404
	[lagoa=1]	-23,395	15,7659	-54,295	7,506	2,202	,138
	[lagoa=2]	6,916	32,7552	-57,283	71,115	,045	,833
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	,199	1,0090	-1,778	2,177	,039	,843
	Alt	1,382	,7540	-,096	2,860	3,358	,067
	pH	13,816	17,3660	-20,221	47,853	,633	,426
	DO	-,501	1,1884	-2,831	1,828	,178	,673
	Sal	-4,351	6,9157	-17,906	9,203	,396	,529
Espécies de Anseriformes	(Intercepto)	-,550	,6913	-1,905	,805	,633	,426
	[lagoa=1]	,124	,0703	-,013	,262	3,135	,077
	[lagoa=2]	,075	,1460	-,211	,361	,265	,607
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	,002	,0045	-,007	,010	,124	,725
	Alt	,001	,0034	-,005	,008	,106	,744
	pH	,086	,0774	-,066	,237	1,221	,269
	DO	-,009	,0053	-,020	,001	3,054	,081
	Sal	-,006	,0308	-,067	,054	,042	,837
Indivíduos de Ralídeos	(Intercepto)	4,019	1,6525	,780	7,258	5,915	,015
	[lagoa=1]	,238	,1680	-,091	,567	2,008	,156
	[lagoa=2]	-,131	,3490	-,815	,553	,140	,708
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	,008	,0107	-,013	,029	,509	,476
	Alt	-,007	,0080	-,023	,009	,783	,376
	pH	-,480	,1850	-,842	-,117	6,718	,010
	DO	,011	,0127	-,014	,036	,717	,397
	Sal	,053	,0737	-,092	,197	,509	,476
Espécies de Ralídeos	(Intercepto)	,500	,3541	-,194	1,194	1,994	,158
	[lagoa=1]	,101	,0360	,031	,172	7,950	,005
	[lagoa=2]	-,038	,0748	-,184	,109	,252	,616
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	,002	,0023	-,002	,007	,829	,363
	Alt	-,002	,0017	-,005	,001	1,442	,230
	pH	-,061	,0396	-,139	,016	2,399	,121
	DO	-,001	,0027	-,006	,004	,180	,672
	Sal	,030	,0158	-,001	,061	3,512	,061
Indivíduos de Ardeídeos	(Intercepto)	,371	3,0690	-5,644	6,387	,015	,904
	[lagoa=1]	,716	,3119	,105	1,328	5,270	,022
	[lagoa=2]	,278	,6481	-,992	1,548	,184	,668
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	-,013	,0200	-,052	,027	,395	,530
	Alt	-,009	,0149	-,039	,020	,401	,527
	pH	-,380	,3436	-1,053	,294	1,221	,269
	DO	,046	,0235	,000	,093	3,906	,048
	Sal	,827	,1368	,559	1,095	36,527	,000
Espécies de Ardeídeos	(Intercepto)	,744	,3551	,048	1,440	4,386	,036
	[lagoa=1]	,058	,0361	-,013	,129	2,568	,109
	[lagoa=2]	-,082	,0750	-,229	,065	1,193	,275
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	-,001	,0023	-,006	,003	,314	,576
	Alt	-,003	,0017	-,007	-1,572E-5	3,877	,049
	pH	-,101	,0398	-,179	-,023	6,484	,011
	DO	,012	,0027	,007	,017	19,753	,000
	Sal	,065	,0158	,034	,096	17,087	,000
Indivíduos de Tresquiornitídeos	(Intercepto)	-,341	3,6208	-7,437	6,756	,009	,925
	[lagoa=1]	,681	,3680	-,040	1,402	3,425	,064

	[lagoa=2]	,081	,7646	-1,418	1,580	,011	,916
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	,032	,0236	-,014	,078	1,869	,172
	Alt	-,010	,0176	-,044	,025	,298	,585
	pH	-,244	,4054	-1,039	,551	,362	,547
	DO	,019	,0277	-,035	,074	,479	,489
	Sal	,608	,1614	,291	,924	14,175	,000
Espécies de Tresquiornitídeos	(Intercepto)	-,320	,3183	-,943	,304	1,008	,315
	[lagoa=1]	,101	,0324	,038	,165	9,794	,002
	[lagoa=2]	,071	,0672	-,061	,202	1,105	,293
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	,003	,0021	-,001	,007	2,029	,154
	Alt	,000	,0015	-,003	,003	,032	,858
	pH	-,010	,0356	-,080	,060	,078	,780
	DO	,003	,0024	-,002	,008	1,320	,251
	Sal	,092	,0142	,064	,120	42,173	,000
Indivíduos de Limícolas	(Intercepto)	72,023	102,4789	-128,832	272,878	,494	,482
	[lagoa=1]	-5,471	10,4163	-25,886	14,945	,276	,599
	[lagoa=2]	14,793	21,6408	-27,623	57,208	,467	,494
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	-,739	,6666	-2,045	,568	1,228	,268
	Alt	-,366	,4982	-1,342	,611	,539	,463
	pH	-,245	11,4735	-22,733	22,242	,000	,983
	DO	-,884	,7852	-2,423	,655	1,268	,260
	Sal	-7,885	4,5691	-16,840	1,071	2,978	,084
Espécies de Limícolas	(Intercepto)	1,943	1,2134	-,435	4,321	2,564	,109
	[lagoa=1]	,257	,1233	,015	,499	4,348	,037
	[lagoa=2]	,746	,2562	,244	1,249	8,486	,004
	[lagoa=3]	0a	.	.	.	.	.
	temp	,002	,0079	-,014	,017	,043	,837
	Alt	-,001	,0059	-,012	,011	,014	,904
	pH	-,148	,1359	-,414	,118	1,184	,277
	DO	-,011	,0093	-,030	,007	1,505	,220
	Sal	-,117	,0541	-,223	-,011	4,707	,030